

Aus dem Institut für Leistungsmedizin  
Direktor: Professor Dr. med. H. Mellerowicz

---

Die maximale Sauerstoffaufnahme  
20-60 jähriger Frauen nach standardisierter  
ergometrischer Methodik unter Leistungsumsatzbedingungen  
und ihre Bedeutung für die internistische Begutachtung

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Christian Thalemann

aus Berlin

1969



Aus dem Institut für Leistungsmedizin  
Direktor: Professor Dr. med. H. Mellerowicz

---

Die maximale Sauerstoffaufnahme  
20-60 jähriger Frauen nach standardisierter  
ergometrischer Methodik unter Leistungsumsatzbedingungen  
und ihre Bedeutung für die internistische Begutachtung

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Christian Thalemann

aus Berlin

Dekan: Professor Dr. med. Hans Heinz Naumann

Referent: Professor Dr. med. Harald Mellerowicz

Korreferent: Professor Dr. med. Otto H. Gauer



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der  
Freien Universität Berlin.

Promoviert am: 18. 7. 1969

# DIE MAXIMALE SAUERSTOFFAUFNAHME 20-60 JÄHRIGER FRAUEN

nach

standardisierter ergometrischer Methodik unter Leistungsumsatzbedingungen  
und

## IHRE BEDEUTUNG FÜR DIE INTERNISTISCHE BEGUTACHTUNG

1. Einleitung und Begründung
2. Methodik
  20. Untersuchungsgut
  21. Ergometrische Methodik
    210. Ergometer nach Standardisierungsvereinbarungen
    211. Vita-maxima-Ergometrie nach Standardisierungsvorschlägen
    212. Leistungsumsatzbedingungen
  22. Methodik der Ventilationsmessung
    220. Messung des Atemzeitvolumens
    221. Messung der O<sub>2</sub>-Aufnahme
    222. Messung der CO<sub>2</sub>-Bildung
  23. Versuchsablauf
  24. Statistische Methodik
  25. Kritik der Methodik
3. Darstellung der Ergebnisse
4. Vergleichende Beurteilung der Ergebnisse
5. Bedeutung der maximalen Sauerstoffaufnahme  
in der internistischen Begutachtung
6. Zusammenfassung
7. Literatur

Anhang: Abkürzungen

Digitized by the Internet Archive  
in 2026

## 1. EINLEITUNG UND BEGRÜNDUNG

Die Bestimmung der Leistungsbreite des cardio-pulmonalen Systems ist eine wichtige diagnostische Aufgabe der inneren und chirurgischen Kliniken, der Arbeits-, Sport- und Versicherungsmedizin. Voraussetzung für jede Leistungsuntersuchung des cardio-pulmonalen Systems ist eine exakt meßbare, reproduzierbare und vergleichbare submaximale oder maximale Leistung. Diese Bedingungen erfüllen Ergometer, Geräte zur Messung der physikalischen Leistung in mkp/sec bzw. in Watt. In Verbindung mit anderen Meßmethoden lassen sich Einzel-funktionen des cardio-pulmonalen Systems bei definierten ergometrischen Leistungen bestimmen.

Für die Beurteilung der Meßwerte einer ergometrischen Untersuchung des cardio-pulmonalen Systems ist die Kenntnis ihrer Mittelwerte und der physiologischen Variationsbreite in bestimmten Alters- und Geschlechtsgruppen wesentliche Grundlage. Aufgabe der vorliegenden Untersuchungen ist es, die Mittelwerte und Standardabweichungen der maximalen Sauerstoffaufnahme bei maximaler ergometrischer Leistung von 20 - 60 jährigen gesunden, untrainierten weiblichen Personen zu bestimmen.

Die Untersuchungen sollen unter Vita-maxima-Bedingungen (entsprechend Standardisierungsvorschlägen in Zschr. Kreisl. forsch.) (17, 18) bei Fußkurbelarbeit im Liegen an einem Standardergometer (entsprechend den "1. Internationalen Vorschlägen zur Standardisierung der Ergometrie von 1966" (19) ) durchgeführt werden.

Die mit unterschiedlicher Methodik und unterschiedlichen Ergometern unter verschiedenen Bedingungen bestimmten Meßwerte für Frauen sind als Bezugsgrößen für vergleichende und begutachtende ergometrische Untersuchungen wenig geeignet.

## 2. METHODIK

### 2o. Untersuchungsgut

Es wurden 100 weibliche Personen untersucht.

Dieser Personenkreis wurde in vier Altersgruppen eingeteilt:

|          |               |                      |
|----------|---------------|----------------------|
| Gruppe 1 | 20 - 29 Jahre | 25 Versuchspersonen  |
| Gruppe 2 | 30 - 39 Jahre | 25 Versuchspersonen  |
| Gruppe 3 | 40 - 49 Jahre | 25 Versuchspersonen  |
| Gruppe 4 | 50 - 60 Jahre | 25 Versuchspersonen. |

Die Mittelwerte und die Standardabweichungen des Alters, der Körpergröße und des Körpergewichtes sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Bei allen Versuchspersonen war in gründlicher Untersuchung das Herz-Gefäßsystem sowie die Lungen als gesund befunden worden.

Die berufsmäßige Gliederung geht aus Tabelle 2 hervor.

Bis auf eine gelegentliche Gymnastik wurde von den Versuchspersonen kein Sport betrieben.

Tabelle 1 Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichungen ( $s$ ) des Alters, der Körpergröße und des Körpergewichtes.

|                                     | $\bar{x}$ und $s$<br>des<br>Alters | $\bar{x}$ und $s$<br>der<br>Größe | $\bar{x}$ und $s$<br>des<br>Gewichtes |
|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Gruppe 1<br>20-29 Jahre<br>$n = 25$ | 24,2 Jahre<br>2,4 Jahre            | 165,5 cm<br>4,1 cm                | 59,3 kg<br>5,3 kg                     |
| Gruppe 2<br>30-39 Jahre<br>$n = 25$ | 35,1 Jahre<br>3,3 Jahre            | 163,0 cm<br>5,2 cm                | 60,9 kg<br>8,0 kg                     |
| Gruppe 3<br>40-49 Jahre<br>$n = 25$ | 43,5 Jahre<br>2,3 Jahre            | 162,5 cm<br>4,7 cm                | 63,0 kg<br>8,2 kg                     |
| Gruppe 4<br>50-60 Jahre<br>$n = 25$ | 53,7 Jahre<br>2,3 Jahre            | 162,4 cm<br>6,2 cm                | 63,9 kg<br>6,8 kg                     |

Tabelle 2. Berufsmäßige Gliederung der Versuchspersonen

|                   | Gruppe 1<br>20-29 Jahre<br>n = 25 | Gruppe 2<br>30-39 Jahre<br>n = 25 | Gruppe 3<br>40-49 Jahre<br>n = 25 | Gruppe 4<br>50-60 Jahre<br>n = 25 |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Angestellte       | 3                                 | 1                                 | 3                                 | 4                                 |
| Apothekerin       |                                   | 1                                 |                                   |                                   |
| Ärztin            |                                   |                                   | 1                                 |                                   |
| Beamtin           | 3                                 | 2                                 |                                   | 1                                 |
| Friseur           | 1                                 |                                   |                                   |                                   |
| Hausfrau          | 6                                 | 14                                | 15                                | 13                                |
| Lehrerin          | 2                                 |                                   |                                   | 1                                 |
| Mannequin         |                                   | 1                                 |                                   |                                   |
| Med. -techn. Ass. | 5                                 | 5                                 |                                   |                                   |
| Raumpflegerin     |                                   |                                   |                                   | 1                                 |
| Schneiderin       |                                   | 1                                 |                                   | 1                                 |
| Sekretärin        | 3                                 |                                   | 1                                 | 1                                 |
| Stenotypistin     | 1                                 |                                   | 1                                 | 1                                 |
| Studentin         |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Verkäuferin       |                                   |                                   | 1                                 |                                   |
| Versicher. Kaufm. |                                   |                                   | 1                                 |                                   |
| ohne Angaben      |                                   |                                   | 2                                 | 2                                 |

## 21. Ergometrische Methodik

### 21o. Ergometer nach Standardisierungsvereinbarungen

Verwendung fand das Dynamo-Ergometer der Firma Lauckner, Berlin. Dieses Gerät erfüllt die in dem "1. Internationalen Vorschlag zur Standardisierung der Ergometrie" (19) enthaltenen Bedingungen:

#### a) Art der Ergometerarbeit

Für ergometrische Messungen kann Fußkurbelarbeit im Sitzen und wahlweise Fußkurbelarbeit im Liegen oder Handkurbelarbeit im Stehen verwandt werden. Für diese drei verschiedenen Formen ergometrischer Arbeit sind in vergleichenden Untersuchungen Umrechnungswerte ermittelt worden.

#### b) Kurbellänge

Als Standardkurbellänge wird eine doppelte Fußkurbellänge und eine einfache Handkurbellänge von 33,3 cm vorgeschlagen. Mit dieser Kurbellänge können die am häufigsten gewählten ergometrischen Leistungen von 3 - 30 mkp/sec von kleinen, mittleren und großen Menschen mit relativ kleinen Unterschieden des Wirkungsgrades geleistet werden.

Für spezielle Zwecke kann eine in ihrer Länge verstellbare Kurbel verwandt werden.

#### c) Kurbelhöhe

Die Standardkurbelhöhe bei Handkurbelarbeit soll 1 Meter betragen. Bei Fußkurbelarbeit ist die Sitzhöhe so einzustellen, daß bei ausgestrecktem Bein der auf der Pedale aufliegende Fuß einen Winkel von  $90^{\circ}$  -  $120^{\circ}$  zum Unterschenkel (Tibiavorderkante) bildet.

#### d) Schwungmasse

Um eine möglichst gleichmäßige ergometrische Arbeit zu gewährleisten, soll die Schwungmasse so groß wie möglich, aber so klein wie nötig sein, damit das Ergometer nicht zu schwer wird.

Zur Standardisierung kann nach den derzeitigen Meßergebnissen und Erfahrungen vorgeschlagen werden: eine runde Schwungmasse gleichen Tiefendurchmessers, eines Gewichtes von 100 kp, eines Radius von 33,3 cm bei gleicher Drehzahl von Schwungmasse und Ergometerkurbel. Es können auch Schwungmassen von kleinerem Radius und kleinerem Gewicht, aber entsprechend größerer Drehzahl mit gleicher kinetischer Energie gewählt werden.

#### e) Drehzahlen

Für ergometrische Leistungen verschiedener Größe werden folgende Drehzahlen vorgeschlagen:

|                 |    |         |                  |
|-----------------|----|---------|------------------|
| 0 - 10 mkp/sec  | 30 | (25-35) | Umdrehungen/min  |
| 10 - 20 mkp/sec | 40 | (35-45) | Umdrehungen/min  |
| 20 - 30 mkp/sec | 50 | (45-55) | Umdrehungen/min  |
| über 30 mkp/sec | 60 | (55-65) | Umdrehungen/min. |

Es ist praktisch nicht möglich, für jede Person und jede Leistung die optimale Drehzahl zu wählen. Es erscheint zweckmäßig und praktisch ausreichend, bei den üblichen Leistungen von 3 - 30 mkp/sec in einem mittleren Drehzahlbereich von 25 - 50 Umdrehungen/min zu bleiben.

Solange die Drehzahloptima für Fußkurbelarbeit noch nicht genauer bekannt sind, sollen sie zunächst auch für diese Arbeitsform verwandt werden.

## 211. Vita-maxima Ergometrie nach Standardisierungsvorschlägen

Die Vita-maxima Ergometrie ist nach den Standardisierungsvorschlägen von H. Mellerowicz, H. Roskamm, Th. Hettinger, W. Hollmann, E. J. Klaus, K. König, H. Mies, H. Reindell und H. Stoboy (17, 18) wie folgt definiert worden:

Zur Bestimmung maximaler ergometrischer Werte werden Stufen von 25 Watt/min Dauer bzw. 50 Watt/2 min. Dauer verwendet. Zur Erfassung der Maximalwerte sind Stufen von 25 Watt und 50 Watt von 3 Minuten, bei gesunden und leistungsfähigen Personen nicht erforderlich (18). Bei Patienten mit eingeschränkter cardialer Leistungsbreite und verzögerter Anlaufzeit werden mit dieser Methode nicht in allen Fällen die maximalen Funktionsgrößen erreicht. Doch wird auch für diese Gruppe unter Berücksichtigung des Grundsatzes "primum nihil nocere" die gleiche Untersuchungsmethodik empfohlen, um einen Vergleich mit gesunden Vp gleichen Alters zu ermöglichen.

- a) Die Herzschlagfrequenzen müssen die - 2 s Grenze der altersgemäßen Maximalwerte überschreiten.

Zur weiteren Sicherung, aber für die praktische Untersuchungsmethodik nicht obligatorisch:

- b) Das Atemäquivalent 
$$= \frac{\text{AMV (BTPS)}}{\text{O}_2 \text{ (STPD)}}$$

soll die - 2 s Grenze der altersgemäßen Maximalwerte überschreiten.

- c) Der respiratorische Quotient soll den Wert 1.00 erreichen oder überschreiten.

Unsere Versuche wurden dieser standardisierten Methodik entsprechend durchgeführt.

Ein methodisches Problem dieser Untersuchungen ist die Überschreitung der - 2 s Grenzen der maximalen Herzschlagfrequenzen und des Atemäquivalentes von Frauen verschiedenen Alters. Sie setzt deren genaue Kenntnis voraus. Hierzu wird in der Kritik der Methodik Stellung genommen.

## 212. Leistungsumsatzbedingungen

Die Untersuchungen wurden unter folgenden Leistungsumsatzbedingungen (17) durchgeführt:

- a) Die Ernährung vor dem Untersuchungstag ist möglichst wenig zu ändern. Am Untersuchungstag ist bis drei Stunden vor der Untersuchung eine kleine Kohlenhydratmahlzeit erlaubt (2 Schnitten mit Aufstrich und ein Glas Getränk).
- b) Am Vortage sind größere körperliche und andere Beanspruchungen, am Untersuchungstag jegliche Beanspruchung vor der Untersuchung zu vermeiden, da sie den Leistungsumsatz bei ergometrischen Untersuchungen verändern können.
- c) Vor der Untersuchung ist dem Probanden der Gang der Untersuchung zu erklären. Die Versuchsperson ist möglichst zu beruhigen. Außenreize sind weitgehend abzuschalten, z. B. Lärm, Unterhaltung, Zugluft, Blick auf verkehrsreiche Straßen u. s. f., überflüssige Personen sind zu entfernen.
- d) Vor Beginn der Untersuchung soll der Proband wenigstens 10 Minuten sitzend, besser liegend ruhen.
- e) Die Raumtemperatur soll möglichst + 18 - 22 Grad Celsius betragen und + 16 - 24 Grad Celsius nicht überschreiten bei einer relativen Feuchtigkeit von 30 - 60 Prozent. An heißen Tagen mit hoher Luftfeuchtigkeit sind ergometrische Untersuchungen möglichst zu unterlassen bzw. unter Berücksichtigung dieser Bedingungen zu beurteilen.
- f) Die Hautoberfläche des Patienten hat bei der Untersuchung so weit wie möglich frei zu sein, um ungehinderte Ableitung und Abstrahlung von Wärme sowie Transpiration zu ermöglichen. Am zweckmäßigsten wird nur eine kurze Hose getragen.
- g) Alle Medikamente, auch Genußmittel wie Kaffee, Tee, Nikotin sind am Untersuchungstage, Medikamente mit länger anhaltender Wirkung bereits an den Vortagen zu vermeiden.
- h) Die Tageszeit bei ergometrischen Untersuchungen ist anzugeben. Bei wiederholten vergleichenden Untersuchungen ist möglichst die gleiche Tageszeit zu wählen.

## 22. Methodik der Ventilationsmessung

### 22o. Messung des Atemzeitvolumens

Um eine Analyse der Atemluft durchzuführen, erfolgte die Atmung über ein Ventilmundstück bei verschlossener Nase, um Nebenluftaspiration zu vermeiden. Ventilmundstück und Analysegeräte waren durch je einen 200 cm langen Einatmungs- und Ausatmungsschlauch in einem offenen System miteinander verbunden (siehe Abb. 1). Die lichte Weite des Ventilmundstückes betrug 18 mm, die der Atemschläuche 23 mm. An einer Gasuhr (trockenes, offenes System) wurde das inspiratorische Atemminutenvolumen in Liter und die Atemfrequenz pro Minute abgelesen. Die Anzeigeungenauigkeit dieses Gerätes beträgt bei 80 - 100 Litern pro Minute nach Werksangaben  $\pm 2\%$ . Kontrolluntersuchungen in der physikalisch technischen Bundesanstalt ergaben für den Meßbereich von 16,6 - 200 Liter pro Minute keine größeren Abweichungen als  $- 2,5\%$ .

An Hand der Tabellen von Kovach, Paulos und Arabadjis (21) erfolgte die Umrechnung der Atemminutenvolumina von ATPS auf BTPS. Die Umrechnung von STPD erfolgte nach Tabellen aus Bartels, Bücherl, Hertz, Rodewald und Schwab (21).

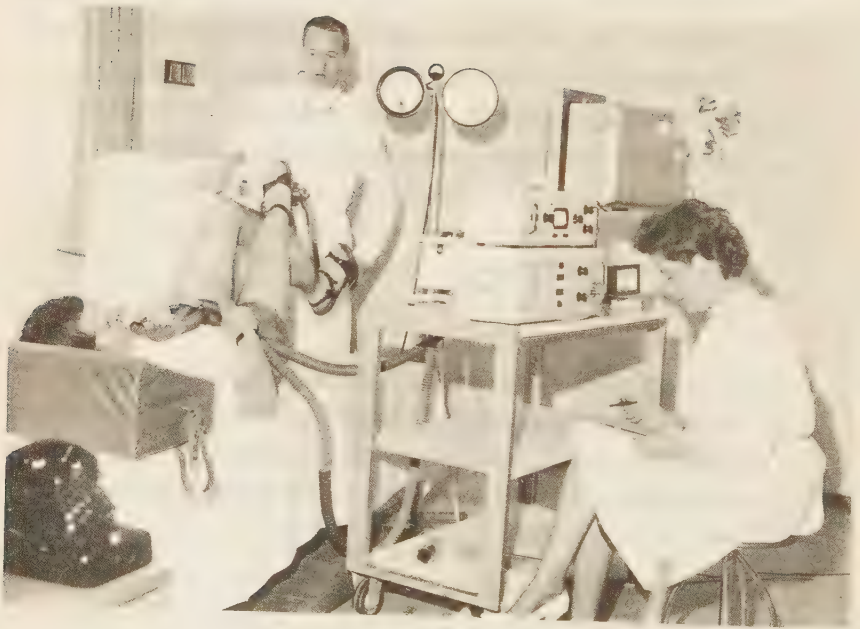


Abb. 1 Versuchsanordnung zur Messung der maximalen Sauerstoffaufnahme bei Fußkurbelarbeit im Liegen (Ergometer, Gasuhr, O<sub>2</sub>-Meßgerät, CO<sub>2</sub>-Meßgerät).

## 221. Messung der O<sub>2</sub>-Aufnahme

Mit dem MAGNOS 5 (Firma Hartmann & Braun, Frankfurt/M.) wurde der Sauerstoffanteil der Expirationsluft gemessen. Grundlage dieser Methode ist der Paramagnetismus des Sauerstoffs. Maß für den Sauerstoffgehalt eines Gasgemisches sind Widerstandsänderungen eines elektrischen Heizdrahtes. Der Widerstand des Heizdrahtes ändert sich mit der Strömungsgeschwindigkeit des Sauerstoffgemisches im Kraftfeld eines Magneten. Der Hersteller gibt die Meßgenauigkeit mit  $\pm 0,14$  Vol. % an. Nachmessungen mittels Mikro-Scholander Gasanalysegerät ergaben keine größeren Differenzen. Die apparative Anzeigeverzögerung des MAGNOS 5 beträgt nach Werksangaben 8 sec. In Verbindung mit dem Schlauchsystem beträgt die gesamte Anzeigeverzögerung 40 sec. Die Sauerstoffaufnahme (STPD) wurde aus dem Atemminutenvolumen (STPD) und dem Sauerstoffanteil der Expirationsluft berechnet.

## 222. Messung der CO<sub>2</sub>-Bildung

Der CO<sub>2</sub>-Anteil der Expirationsluft wurde mit dem URAS M (Firma Hartmann & Braun, Frankfurt/M.) bestimmt. Im Prinzip handelt es sich hierbei um die Absorption eines Infrarotstrahles durch CO<sub>2</sub>-Moleküle. Aus der meßbaren Änderung der Strahlungsintensität gegenüber einem Vergleichsinfrarotstrahl wird die CO<sub>2</sub>-Konzentration ermittelt. Hier wird die Meßgenauigkeit vom Werk mit 0,2 Vol. % angegeben. Nachmessungen mit dem Mikro-Scholander Gasanalysegerät ergaben keine größeren Abweichungen. Die Anzeigeverzögerung beträgt mit Schlauchsystem 40 sec. Sauerstoff und Kohlendioxyd wurden in Volumenprozent abgelesen.

### 23. Versuchsablauf

Die Versuche wurden von Januar 1964 bis Juni 1967 im Institut für Leistungsmedizin, Berlin-Schmargendorf, durchgeführt. Sie fanden jeweils in den Vormittagsstunden (9.30 - 13.00 Uhr) statt. Die Raumtemperatur betrug maximal 25° C., minimal 17° C. Barometerstand und Luftfeuchtigkeit wurden bestimmt, um die Atemminutenvolumina auf BTPS (Body temperature pressure saturated), d.h. auf 37° C., 760 mmHg und Wasserdampfsättigung bei 37° C. bzw. auf STPD (Standard temperature pressure dry), d.h. auf 0° C., 760 mmHg und Trockenheit umzurechnen (21). Vor dem Versuch lagen die Probanden 10 Minuten in entspannter Körperhaltung. Von allen Versuchspersonen wurde ergometrische Fußkurbelarbeit im Liegen geleistet. Bedeutung und Ablauf des Versuches wurden vorher erklärt. Mit Hilfe eines Gummiventilmundstückes, das zwischen Zähnen und vestibulum oris gehalten wurde, wurde der Patient danach über ein Schlauchsystem mit den Meßgeräten (Gasuhr, URAS, MAGNOS) verbunden. Die Konstruktion des Ventilmundstückes und eine festsitzende Nasenklemme verhinderten Nebenluftaspiration. Geatmet wurde Zimmerluft.

Zur Bestimmung der Herzschlagfrequenz benutzten wir eine Stoppuhr. Ohne Arbeitsunterbrechung wurde jeweils zwischen der 50. und 60. Sekunde einer Arbeitsminute durch Auskultation im Bereich der Herzspitze die Dauer von 10 Herzschlägen entsprechend den Standardisierungsvorschlägen (17) gemessen. Aus dem Meßwert wurde die momentane Minutenfrequenz an Hand einer Tabelle ermittelt. Der Versuch begann bei allen Probanden in einer Leistungsstufe von 50 Watt. Nach jeweils einer Arbeitsminute wurde vom Probanden entsprechend den Standardisierungsvorschlägen (17) eine um 25 Watt höhere Leistung gefordert. Der Versuch wurde bei der höchsten erreichbaren Leistung jeweils am Ende einer Minute abgebrochen. Einzelne Probanden brachen die Arbeit vorzeitig nach dem Auftreten erster Beschwerden und Ermüdungserscheinungen ab, bevor die Kriterien der maximalen Arbeit (Standardisierungsvorschläge) erreicht wurden. Zwischenfälle traten nicht auf.

## 24. Statistische Methodik

Der statistischen Berechnung lagen folgende Formeln zu Grunde (5):

a) Arithmetischer Mittelwert  $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

b) Mittlere quadratische Abweichung

(s) vom Mittelwert  $\bar{x}$

$$s = \sqrt{\frac{(M-x_1)^2 + (M-x_2)^2 + \dots + (M-x_n)^2}{n}}$$

c) Mittlerer Fehler  $s_{\bar{x}}$  des Mittelwertes

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

d) Statistische Signifikanz  $s_{\text{Diff.}}$

$$s_{\text{Diff.}} = \sqrt{s_{\bar{x}_1}^2 + s_{\bar{x}_2}^2}$$

Eine Differenz ist nicht signifikant, wenn die Differenz der Vergleichsreihen kleiner als  $2 s_{\text{Diff.}}$  ist. Man spricht von wahrscheinlich signifikant, wenn  $2 s_{\text{Diff.}} < \text{Differenz} < 3 s_{\text{Diff.}}$  und von sicher signifikant, wenn die Differenz  $> 3 s_{\text{Diff.}}$  ist.

Zur Signifikanzberechnung unserer Versuchsreihen fand weiterhin die t - Verteilung nach Student Anwendung. Nach der Formel

$$t = \frac{M_1 + M_2}{s_{\text{Diff.}}}$$

wurde t ermittelt. Der Freiheitsgrad (Fg) ist hier  $Fg = n_1 + n_2 - 2$ . Das einfache p wurde aus den wissenschaftlichen Tabellen, Documenta Geigy, abgelesen (4). Der jeweils niedere Tabellenwert für p fand Verwendung. Eine Differenz zweier Versuchsreihen ist bei einem p von  $< 0,05$  wahrscheinlich und bei einem p von  $< 0,001$  sicher signifikant.

Für den Altersbereich 20 - 60 Jahre wurde die Regressionsgerade  $y = a + bx$  errechnet.

Symbole : x bezeichnet den Einzelwert, n die Anzahl der zur Berechnung hinzugezogenen Werte. s steht für Sigma.  $M = \bar{x}$ .

## 25. Kritik der Methodik

Die Versuchspersonen waren untrainierte Berliner Frauen aus verschiedenen Berufen und unterschiedlichem sozialen Großstadt - milieu. Sie sind jedoch nicht völlig repräsentativ im demoskopischen Sinn.

Mit allen Versuchspersonen wurde über die einzelnen Punkte der Leistungsumsatzbedingungen gesprochen und auf die Bedeutung der Befolgung dieser Anordnung hingewiesen. Doch konnte die Einhaltung dieser Bedingungen nicht kontrolliert werden.

Die Messung der Herzschlagfrequenz ist eine der zuverlässigsten Methoden zur Bestimmung der körperlichen Leistungsgrenze. Die Herzschlagfrequenz an der Grenze der körperlichen Leistungsfähigkeit wird als maximale Herzschlagfrequenz bezeichnet. Sie wird bei höchster Anstrengung durch psychische Einflüsse nicht wesentlich verändert (16). Eine Abhängigkeit besteht jedoch von der Außentemperatur (16), vom Grad der Ermüdung einer Versuchsperson (16), von der Ausgangsherzschlagfrequenz (16) und vom Alter (1, 2, 3, 7, 21, 26). Geschlechtsdifferenzen der maximalen Herzschlagfrequenzen sind gering (1, 2, 21).

In Tabelle 3 sind die Mittel- und  $\pm 2s$  Werte der maximalen Herzschlagfrequenzen in Altersdekaden ohne Berücksichtigung des Geschlechts entsprechend den derzeitigen Kenntnissen (Mellerowicz und Lerche, Dransfeld und Mellerowicz, P. Robinson, I. Astrand, Christensen, Bengtsson zitiert nach (21))aufgeführt. Die Zahlen sind im Bereich der Fehlerbreite der Methode abgerundet.

In Abhängigkeit von der Untersuchungsmethodik verändert sich die maximale Herzschlagfrequenz. In vergleichenden Untersuchungen fanden Galle und Mellerowicz (20) Maximalwerte der Herzschlagfrequenz für Fußkurbelarbeit im Liegen, die um 10 - 15 Schläge pro Minute niedriger lagen als bei Ergometerarbeit im Sitzen oder Stehen.

Tabelle 4 enthält die mittleren maximalen Herzschlagfrequenzen bei Fußkurbelarbeit im Liegen. Auch diese Zahlen sind im Bereich der Fehlerbreite der Methode abgerundet. Alle unsere Versuchspersonen überschritten die - 2 s Grenze der altersentsprechenden Maximalwerte der Herzschlagfrequenz für Fußkurbelarbeit im Liegen.

Im Grenzbereich der körperlichen Leistungsgrenze nähert sich der RQ dem Wert 1.00 (21). Es konnte nachgewiesen werden, daß der RQ bei steigender Belastung umso eher den Wert 1.00 erreicht, je älter und je untrainierter eine Versuchsperson ist (21).

Der unter Leistungsumsatzbedingungen gemessene RQ unterscheidet sich von dem unter Grundumsatzbedingungen ermittelten RQ. Unter Grundumsatzbedingungen entspricht der in der Ausatemluft gemessenen  $\text{CO}_2$ -Abgabe der gesamten  $\text{CO}_2$ -Produktion; desgleichen entspricht der Sauerstoffaufnahme der Sauerstoffverbrauch. Dagegen kommt es unter Leistungsumsatzbedingungen im Vita-maxima Bereich zu einer gegenüber der Produktion vermehrten Abgabe von  $\text{CO}_2$ . Die Ursache ist die Freisetzung von Kohlendioxyd vorwiegend aus dem Bikarbonat des Blutes durch die unter Arbeit vermehrt anfallenden Säuren wie Milchsäure, Brenztraubensäure u. a. Hinzu tritt eine Sauerstoffschuld im Vita-maxima Bereich, da die Sauerstoffaufnahme den Sauerstoffbedarf nicht decken kann (25). Bei 72 % unserer Versuchspersonen erreichte der RQ den Wert 1.00 oder war größer als 1.00. Die ermittelten Herzschlagfrequenzen ließen jedoch eine Maximalleistung annehmen.

Das Atemäquivalent ist vom Alter, Geschlecht, Trainingszustand und von subjektiven Einflüssen abhängig (7, 21). Mit zunehmendem Alter wird das Atemäquivalent größer. Durch eine größere Zunahme der Atemfrequenz bei Leistungen über 100 Watt finden sich bei Frauen höhere Werte für das Atemäquivalent als bei Männern mit weniger frequenter Atmung. Für gesunde und untrainierte 20 - 60jährige Männer gibt König (11) als Maximalwert des Atemäquivalentes 25 - 28 an. Kirchhoff (9) fand für 20 - 40jährige ebenfalls gesunde, untrainierte Männer ein mittleres maximales Atemäquivalent von 22. Die genannten Werte wurden im "relativen maximalen steady state" (24) ermittelt.

Tabelle 3.

Mittelwerte und  $\pm 2s$  Werte der maximalen Herzschlagfrequenzen pro Minute in Altersdekaden ohne Berücksichtigung des Geschlechtes entsprechend den derzeitigen Kenntnissen (Mellerowicz und Lerche, Dransfeld und Mellerowicz; P. Robinson; I. Astrand; Christensen; Bengtsson zit. nach 21). Die Zahlen sind im Bereich der Fehlerbreite der Methode abgerundet.

|                       | Gruppe 1<br>20 - 29<br>Jahre | Gruppe 2<br>30 - 39<br>Jahre | Gruppe 3<br>40 - 49<br>Jahre | Gruppe 4<br>50 - 60<br>Jahre |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Mittelwert<br>HF/min. | 190                          | 180                          | 170                          | 160                          |
| $\pm 2s$<br>HF/min.   | 175                          | 165                          | 155                          | 145                          |

Tabelle 4.

Mittelwerte und  $\pm 2s$  Werte der maximalen Herzschlagfrequenzen in Altersdekaden ohne Berücksichtigung des Geschlechtes bei Fußkurbelarbeit im Liegen entsprechend den derzeitigen Kenntnissen (21). Herzschlagfrequenz pro Minute. Die Zahlen sind im Bereich der Fehlerbreite der Methode abgerundet.

|                       | Gruppe 1<br>20 - 29<br>Jahre | Gruppe 2<br>30 - 39<br>Jahre | Gruppe 3<br>40 - 49<br>Jahre | Gruppe 4<br>50 - 60<br>Jahre |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Mittelwert<br>HF/min. | 175                          | 165                          | 155                          | 145                          |
| $\pm 2s$<br>HF/min.   | 160                          | 150                          | 140                          | 130                          |

Die Werte des maximalen Atemäquivalentes für Frauen sind noch wenig bekannt. In Tabelle 5 sind die Mittelwerte des maximalen Atemäquivalentes für 20 - 65jährige Frauen nach Angaben von I. Astrand, P. O. Astrand und Hollmann (1, 2, 7) aufgeführt. Bei I. Astrand und P. O. Astrand handelt es sich um gut trainierte Probandinnen. An einem gemischten Untersuchungsgut von Sporttreibenden und Nicht-Sporttreibenden ermittelte Hollmann (7) die Werte des maximalen Atemäquivalentes. Nach Hollmann sollen sich weibliche Versuchspersonen im Grenzbereich ihrer Leistungsfähigkeit befinden, wenn das Atemäquivalent den Wert 27,4 erreicht (7). Dieser Wert basiert auf Untersuchungsergebnissen - bei nicht standardisierter Methodik - von nur 30 weiblichen Probandinnen im 3. Lebensjahrzehnt.

Der von Hollmann angegebene Mittelwert des maximalen Atemäquivalentes von 27,4 wurde von 86 % unserer Probandinnen nicht erreicht. Überwiegend lag das Atemäquivalent auch bei maximalen Herzschlagfrequenzen und einem RQ von 1.00 unter dem genannten Wert.

Vergleichende Untersuchungen zwischen stehender, sitzender und liegender ergometrischer Arbeit ergaben geringe, nicht signifikante Unterschiede (20).

Tabelle 5

Mittelwerte und s - Bereich des maximalen Atemäquivalentes für  
20 - 65jährige Frauen nach I. Astrand, P. O. Astrand, Hollmann

|                      | 20-29 Jahre   | 30-39 Jahre    | 40-49 Jahre    | 50-60 Jahre | 50-65 Jahre   |
|----------------------|---------------|----------------|----------------|-------------|---------------|
| I. Astrand<br>(1)    | 34,1<br>± 2,1 | 35,2<br>± 1,64 | 31,8<br>± 1,64 |             | 33,1<br>± 1,0 |
| P. O. Astrand<br>(2) | 32,3<br>± 0,5 |                |                |             |               |
| Hollmann<br>(7)      | 30,9          | 31,6           | 30,1           | 31,3        |               |

### 3. DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

Die Ergebnisse der Messungen des maximalen Atemminutenvolumens, der maximalen Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht, des maximalen Sauerstoffpulses sowie der Herzschlagfrequenz, des respiratorischen Quotienten und des Atemäquivalentes sind in den Tabellen 6 - 17 und den Abbildungen 2 - 5 dargestellt.

Tab.6

Gruppe 1 ( 20-29 Jahre )  
25 Vp

| Lfd.Nr.    | AMV<br>in Ltr.<br>(ATPS) | AMV<br>in Ltr.<br>(STPD) | AMV<br>in Ltr.<br>(BTPS) |
|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 Bi       | 44                       | 38,7                     | 48,3                     |
| 2 Do       | 40                       | 36,0                     | 43,9                     |
| 3 Gi       | 52                       | 46,8                     | 57,0                     |
| 4 Fe       | 38                       | 34,5                     | 41,8                     |
| 5 Ge       | 42                       | 37,8                     | 45,6                     |
| 6 Gr       | 42                       | 37,4                     | 46,1                     |
| 7 Ho       | 45                       | 40,0                     | 49,3                     |
| 8 Ke       | 45                       | 41,4                     | 49,3                     |
| 9 Ki       | 36                       | 32,8                     | 39,5                     |
| 10 Mü      | 50                       | 44,5                     | 54,5                     |
| 11 No      | 34                       | 30,3                     | 37,5                     |
| 12 Oh      | 39                       | 35,1                     | 42,8                     |
| 13 Ot      | 40                       | 36,0                     | 43,9                     |
| 14 Pr      | 44                       | 40,5                     | 48,7                     |
| 15 Ra      | 38                       | 33,8                     | 40,8                     |
| 16 Ro      | 43                       | 37,8                     | 46,9                     |
| 17 Rü      | 34                       | 30,9                     | 37,0                     |
| 18 Sa      | 40                       | 34,4                     | 43,4                     |
| 19 Sr      | 50                       | 44,5                     | 54,0                     |
| 20 Sz      | 44                       | 39,1                     | 47,7                     |
| 21 Sp      | 43                       | 38,3                     | 47,2                     |
| 22 Wa      | 38                       | 33,4                     | 41,8                     |
| 23 Wi      | 37                       | 33,3                     | 40,7                     |
| 24 Wo      | 48                       | 43,2                     | 52,3                     |
| 25 Wü      | 45                       | 40,5                     | 49,3                     |
| Mittelwert | 42,0                     | 37,64                    | 45,97                    |
| s          | $\pm 4,8$                | $\pm 4,36$               | $\pm 5,24$               |

Tab.7

Gruppe 1 ( 20-29 Jahre )  
25 Vp

| Lfd.Nr.    | O <sub>2</sub> (ml)/kg<br>(STPD) | O <sub>2</sub> /kg | max.O <sub>2</sub> -Puls |
|------------|----------------------------------|--------------------|--------------------------|
| 1 Bi       | 2089                             | 37,3               | 12,2                     |
| 2 Do       | 1656                             | 33,1               | 9,6                      |
| 3 Gi       | 2527                             | 44,3               | 14,7                     |
| 4 Fe       | 1897                             | 32,8               | 10,4                     |
| 5 Ge       | 1777                             | 26,1               | 10,3                     |
| 6 Gr       | 1570                             | 27,0               | 8,9                      |
| 7 Ho       | 2400                             | 38,7               | 14,0                     |
| 8 Ke       | 2152                             | 34,9               | 11,8                     |
| 9 Ki       | 1705                             | 29,1               | 9,9                      |
| 10 Mü      | 2314                             | 33,0               | 12,7                     |
| 11 No      | 1818                             | 28,8               | 9,3                      |
| 12 Oh      | 1544                             | 25,7               | 9,5                      |
| 13 Ot      | 1764                             | 30,4               | 10,8                     |
| 14 Pr      | 1863                             | 29,5               | 11,5                     |
| 15 Ra      | 1690                             | 31,1               | 9,8                      |
| 16 Ro      | 2154                             | 43,9               | 12,5                     |
| 17 Rü      | 1730                             | 29,0               | 10,1                     |
| 18 Sa      | 2064                             | 40,4               | 11,4                     |
| 19 Sr      | 2225                             | 35,8               | 12,6                     |
| 20 Sz      | 1915                             | 31,9               | 10,5                     |
| 21 Sp      | 2298                             | 38,6               | 12,6                     |
| 22 Wa      | 1903                             | 32,2               | 10,5                     |
| 23 Wi      | 1798                             | 29,9               | 10,2                     |
| 24 Wo      | 2246                             | 40,1               | 13,1                     |
| 25 Wü      | 2146                             | 29,8               | 11,8                     |
| Mittelwert | 1969,8                           | 33,34              | 11,23                    |
| s          | ± 272,8                          | ± 5,29             | ± 1,53                   |

Tab.8

Gruppe 1 ( 20-29 Jahre )  
25 Vp

| Lfd.Nr.    | HF/min | RQ      | ÄÄ     |
|------------|--------|---------|--------|
| 1 Bi       | 171    | 0,96    | 23,1   |
| 2 Do       | 171    | 0,97    | 26,5   |
| 3 Gi       | 171    | 0,96    | 22,5   |
| 4 Fe       | 181    | 1,00    | 22,0   |
| 5 Ge       | 171    | 0,97    | 25,6   |
| 6 Gr       | 176    | 1,00    | 29,3   |
| 7 Ho       | 171    | 1,08    | 20,5   |
| 8 Ke       | 181    | 0,96    | 22,9   |
| 9 Ki       | 171    | 1,00    | 22,5   |
| 10 Mü      | 181    | 0,96    | 23,5   |
| 11 No      | 194    | 1,05    | 20,6   |
| 12 Oh      | 162    | 1,02    | 27,7   |
| 13 Ot      | 162    | 0,97    | 24,8   |
| 14 Pr      | 162    | 1,04    | 25,9   |
| 15 Ra      | 171    | 0,96    | 24,1   |
| 16 Ro      | 171    | 1,03    | 21,7   |
| 17 Rü      | 171    | 1,03    | 21,3   |
| 18 Sa      | 181    | 1,03    | 21,0   |
| 19 Sr      | 176    | 1,04    | 24,2   |
| 20 Sz      | 181    | 1,02    | 24,9   |
| 21 Sp      | 181    | 1,06    | 20,5   |
| 22 Wa      | 181    | 1,01    | 21,9   |
| 23 Wi      | 176    | 1,14    | 22,6   |
| 24 Wo      | 171    | 1,11    | 23,2   |
| 25 Wü      | 181    | 0,98    | 22,9   |
| Mittelwert | 174,6  | 1,014   | 23,43  |
| s          | ± 7,4  | ± 0,049 | ± 2,27 |

Tab.9

Gruppe 2 ( 30-39 Jahre )  
25 Vp

| Lfd.Nr.    | AMV<br>in Ltr.<br>(ATPS) | AMV<br>in Ltr.<br>(STPD) | AMV<br>in Ltr.<br>(BTPS) |
|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 26 Al      | 55                       | 48,4                     | 60,3                     |
| 27 Dr      | 47                       | 42,3                     | 51,3                     |
| 28 Fel     | 33                       | 30,4                     | 36,6                     |
| 29 Ge      | 26                       | 23,1                     | 28,5                     |
| 30 Go      | 29                       | 25,8                     | 31,9                     |
| 31 Gr      | 37                       | 32,9                     | 40,6                     |
| 32 Gru     | 32                       | 29,4                     | 35,1                     |
| 33 H-W     | 40                       | 36,0                     | 43,9                     |
| 34 Ja      | 42                       | 37,4                     | 46,1                     |
| 35 Ka      | 25                       | 22,7                     | 27,5                     |
| 36 Kau     | 28                       | 25,5                     | 30,8                     |
| 37 Ke      | 45                       | 40,9                     | 49,3                     |
| 38 Ko      | 34                       | 30,6                     | 37,8                     |
| 39 Le      | 48                       | 43,2                     | 52,6                     |
| 40 Ma      | 38                       | 34,5                     | 42,3                     |
| 41 Pe      | 35                       | 31,5                     | 38,4                     |
| 42 Ra      | 43                       | 37,8                     | 46,9                     |
| 43 Se      | 42                       | 37,8                     | 46,3                     |
| 44 Si      | 58                       | 53,4                     | 63,9                     |
| 45 Sl      | 30                       | 27,0                     | 33,4                     |
| 46 St      | 34                       | 30,9                     | 37,4                     |
| 47 Th      | 29                       | 25,5                     | 31,6                     |
| 48 Thü     | 57                       | 51,9                     | 62,5                     |
| 49 Wa      | 51                       | 46,4                     | 56,8                     |
| 50 Wi      | 35                       | 31,1                     | 38,3                     |
| <hr/>      |                          |                          |                          |
| Mittelwert | 38,9                     | 35,06                    | 42,80                    |
| s          | ± 9,7                    | ± 8,79                   | ±10,60                   |

Tab.10

Gruppe 2 ( 30-39 Jahre )  
25 Vp

| Lfd.Nr.    | O <sub>2</sub> (ml)/kg<br>(STPD) | O <sub>2</sub> /kg | max.O <sub>2</sub> -Puls |
|------------|----------------------------------|--------------------|--------------------------|
| 26 Al      | 2565                             | 37,7               | 14,1                     |
| 27 Dr      | 1945                             | 32,9               | 11,7                     |
| 28 Fel     | 1580                             | 28,4               | 9,2                      |
| 29 Ge      | 1270                             | 27,0               | 7,7                      |
| 30 Go      | 1393                             | 26,6               | 8,3                      |
| 31 Gr      | 1414                             | 21,1               | 8,7                      |
| 32 Gru     | 1323                             | 23,6               | 7,3                      |
| 33 H-W     | 1800                             | 31,3               | 10,5                     |
| 34 Ja      | 1944                             | 29,9               | 10,7                     |
| 35 Ka      | 1205                             | 19,4               | 7,4                      |
| 36 Kau     | 1224                             | 24,9               | 7,5                      |
| 37 Ke      | 2249                             | 40,8               | 13,5                     |
| 38 Ko      | 1591                             | 20,9               | 9,3                      |
| 39 Le      | 2289                             | 42,3               | 11,7                     |
| 40 Ma      | 1725                             | 29,5               | 10,3                     |
| 41 Pe      | 1260                             | 19,0               | 7,7                      |
| 42 Ra      | 1890                             | 34,3               | 11,0                     |
| 43 Se      | 1738                             | 28,9               | 9,6                      |
| 44 Si      | 2670                             | 35,6               | 15,6                     |
| 45 Sl      | 1242                             | 20,7               | 7,4                      |
| 46 St      | 1730                             | 23,4               | 10,1                     |
| 47 Th      | 1479                             | 24,2               | 8,9                      |
| 48 Thü     | 2335                             | 38,9               | 13,6                     |
| 49 Wa      | 2691                             | 34,9               | 15,7                     |
| 50 Wi      | 1710                             | 31,6               | 10,5                     |
| Mittelwert | 1770,4                           | 29,11              | 10,32                    |
| s          | ± 456,9                          | ± 6,70             | ± 2,56                   |

Tab.11

Gruppe 2 ( 30-39 Jahre )  
25 Vp

| Lfd.Nr.    | HF/min | RQ      | AÄ     |
|------------|--------|---------|--------|
| 26 Al      | 181    | 1,00    | 23,5   |
| 27 Dr      | 166    | 1,04    | 26,3   |
| 28 Fel     | 171    | 0,96    | 23,1   |
| 29 Ge      | 162    | 1,05    | 22,4   |
| 30 Go      | 166    | 1,14    | 22,9   |
| 31 Gr      | 162    | 1,09    | 28,6   |
| 32 Gru     | 181    | 0,97    | 26,5   |
| 33 H-W     | 171    | 0,96    | 24,1   |
| 34 Ja      | 181    | 1,00    | 23,7   |
| 35 Ka      | 162    | 1,01    | 23,3   |
| 36 Kau     | 162    | 1,04    | 25,2   |
| 37 Ke      | 166    | 1,00    | 21,9   |
| 38 Ko      | 171    | 0,96    | 23,7   |
| 39 Le      | 194    | 1,00    | 22,5   |
| 40 Ma      | 166    | 1,00    | 24,5   |
| 41 Pe      | 162    | 1,00    | 30,4   |
| 42 Ra      | 171    | 1,04    | 24,8   |
| 43 Se      | 181    | 0,95    | 26,6   |
| 44 Si      | 171    | 0,98    | 23,9   |
| 45 Sl      | 166    | 0,97    | 26,9   |
| 46 St      | 171    | 1,01    | 21,6   |
| 47 Th      | 166    | 0,98    | 21,3   |
| 48 Thü     | 171    | 1,15    | 26,7   |
| 49 Wa      | 171    | 0,96    | 21,1   |
| 50 Wi      | 162    | 1,00    | 22,3   |
| Mittelwert | 170,2  | 1,010   | 24,31  |
| s          | ± 8,0  | ± 0,053 | ± 2,35 |

Tab.12

Gruppe 3 ( 40-49 Jahre )  
25 Vp

| Lfd.Nr.    | AMV<br>in Ltr.<br>(ATPS) | AMV<br>in Ltr.<br>(STPD) | AMV<br>in Ltr.<br>(BTPS) |
|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 51 Al      | 40                       | 37,2                     | 44,5                     |
| 52 Ah      | 36                       | 32,7                     | 39,6                     |
| 53 Be      | 37                       | 34,4                     | 41,4                     |
| 54 Ben     | 39                       | 33,5                     | 42,4                     |
| 55 Bl      | 42                       | 36,9                     | 45,6                     |
| 56 Fr      | 29                       | 26,6                     | 32,1                     |
| 57 Go      | 40                       | 36,4                     | 44,1                     |
| 58 Goe     | 56                       | 50,4                     | 61,4                     |
| 59 He      | 40                       | 35,6                     | 43,2                     |
| 60 Hö      | 38                       | 34,2                     | 41,5                     |
| 61 Hü      | 39                       | 35,8                     | 43,2                     |
| 62 Kr      | 37                       | 33,3                     | 40,5                     |
| 63 Kü      | 43                       | 39,1                     | 47,6                     |
| 64 Küh     | 36                       | 32,0                     | 38,9                     |
| 65 Ku      | 43                       | 39,9                     | 47,8                     |
| 66 Ni      | 38                       | 33,0                     | 41,7                     |
| 67 Ri      | 34                       | 30,2                     | 37,5                     |
| 68 Sch     | 32                       | 28,8                     | 35,2                     |
| 69 Th      | 31                       | 28,8                     | 34,7                     |
| 70 Thi     | 56                       | 49,2                     | 60,8                     |
| 71 Tö      | 41                       | 36,4                     | 45,2                     |
| 72 Va      | 41                       | 36,9                     | 45,2                     |
| 73 Wi      | 43                       | 39,5                     | 47,6                     |
| 74 Wie     | 39                       | 35,8                     | 42,7                     |
| 75 Ze      | 47                       | 42,3                     | 52,3                     |
| Mittelwert | 39,9                     | 35,96                    | 43,87                    |
| s          | ± 6,3                    | ± 5,56                   | ± 6,86                   |

Tab.13

Gruppe 3 ( 40-49 Jahre )  
25 Vp

| Lfd.Nr.    | O <sub>2</sub> (ml)/kg<br>(STPD) | O <sub>2</sub> /kg | max.O <sub>2</sub> -Puls |
|------------|----------------------------------|--------------------|--------------------------|
| 51 Al      | 1413                             | 23,9               | 9,4                      |
| 52 Ah      | 1504                             | 24,2               | 9,2                      |
| 53 Be      | 1444                             | 23,8               | 8,4                      |
| 54 Ben     | 2110                             | 36,3               | 13,0                     |
| 55 Bl      | 1808                             | 26,9               | 10,5                     |
| 56 Fr      | 1250                             | 23,7               | 7,7                      |
| 57 Go      | 2002                             | 26,0               | 12,3                     |
| 58 Goe     | 2520                             | 35,4               | 14,7                     |
| 59 He      | 2029                             | 31,2               | 11,8                     |
| 60 Hö      | 1812                             | 30,7               | 10,0                     |
| 61 Hü      | 1897                             | 28,5               | 10,4                     |
| 62 Kr      | 1531                             | 17,0               | 9,6                      |
| 63 Kü      | 1798                             | 30,7               | 11,1                     |
| 64 Küh     | 1536                             | 26,0               | 8,9                      |
| 65 Ku      | 1835                             | 37,0               | 11,3                     |
| 66 Ni      | 1650                             | 26,6               | 9,9                      |
| 67 Ri      | 1540                             | 25,6               | 9,5                      |
| 68 Sch     | 1382                             | 26,5               | 8,5                      |
| 69 Th      | 1353                             | 18,9               | 9,0                      |
| 70 Thi     | 2460                             | 39,0               | 13,5                     |
| 71 Tö      | 1601                             | 25,8               | 9,3                      |
| 72 Va      | 1845                             | 27,1               | 10,4                     |
| 73 Wi      | 1817                             | 29,0               | 10,9                     |
| 74 Wie     | 1575                             | 24,2               | 10,5                     |
| 75 Ze      | 1649                             | 29,4               | 9,9                      |
| Mittelwert | 1734,4                           | 27,74              | 10,39                    |
| s          | ± 318,6                          | ± 5,25             | ± 1,67                   |

Tab.14

Gruppe 3 ( 40-49 Jahre )  
25 Vp

| Lfd.Nr.    | HF/min | RQ      | AF     |
|------------|--------|---------|--------|
| 51 Al      | 150    | 1,10    | 31,4   |
| 52 Ah      | 162    | 0,97    | 26,3   |
| 53 Be      | 171    | 1,09    | 28,6   |
| 54 Ben     | 162    | 0,98    | 20,0   |
| 55 Bl      | 171    | 1,08    | 25,2   |
| 56 Fr      | 162    | 1,06    | 25,6   |
| 57 Go      | 162    | 0,98    | 22,0   |
| 58 Goe     | 171    | 1,04    | 24,2   |
| 59 He      | 171    | 1,03    | 21,2   |
| 60 Hö      | 181    | 1,03    | 22,8   |
| 61 Hü      | 181    | 0,96    | 22,7   |
| 62 Kr      | 158    | 1,00    | 26,4   |
| 63 Kü      | 162    | 1,00    | 26,4   |
| 64 Küh     | 171    | 1,04    | 25,3   |
| 65 Ku      | 162    | 0,95    | 26,0   |
| 66 Ni      | 166    | 0,96    | 25,2   |
| 67 Ri      | 162    | 1,05    | 24,3   |
| 68 Sch     | 162    | 0,95    | 25,4   |
| 69 Th      | 150    | 1,04    | 25,6   |
| 70 Thi     | 181    | 1,00    | 24,7   |
| 71 Tö      | 171    | 1,00    | 28,2   |
| 72 Va      | 176    | 0,98    | 24,4   |
| 73 Wi      | 166    | 1,00    | 26,1   |
| 74 Wie     | 150    | 0,95    | 27,1   |
| 75 Ze      | 166    | 0,97    | 31,7   |
| Mittelwert | 165,9  | 1,008   | 25,42  |
| s          | ± 2,9  | ± 0,045 | ± 2,72 |

Tab.15

Gruppe 4 ( 50-60 Jahre )  
25 Vp

| Lfd.Nr.    | AMV<br>in Ltr.<br>(ATPS) | AMV<br>in Ltr.<br>(STPD) | AMV<br>in Ltr.<br>(BTPS) |
|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 76 Be      | 30                       | 27,0                     | 33,0                     |
| 77 Bl      | 62                       | 55,8                     | 67,3                     |
| 78 Da      | 47                       | 42,3                     | 51,3                     |
| 79 Fo      | 47                       | 42,7                     | 51,2                     |
| 80 Ge      | 32                       | 28,8                     | 35,4                     |
| 81 Gi      | 35                       | 31,5                     | 38,2                     |
| 82 Go      | 43                       | 38,7                     | 47,2                     |
| 83 Gu      | 38                       | 33,8                     | 41,8                     |
| 84 Ho      | 35                       | 32,5                     | 38,9                     |
| 85 Jo      | 29                       | 26,1                     | 31,5                     |
| 86 Ka      | 43                       | 38,7                     | 47,1                     |
| 87 Ko      | 44                       | 39,6                     | 48,0                     |
| 88 Kos     | 35                       | 31,5                     | 38,6                     |
| 89 Kr      | 33                       | 29,7                     | 36,1                     |
| 90 Lo      | 30                       | 27,3                     | 32,7                     |
| 91 Ma      | 38                       | 33,4                     | 41,7                     |
| 92 Op      | 29                       | 26,4                     | 31,9                     |
| 93 Po      | 30                       | 27,0                     | 32,8                     |
| 94 Por     | 42                       | 37,3                     | 46,3                     |
| 95 Re      | 33                       | 30,3                     | 36,5                     |
| 96 Sa      | 32                       | 28,5                     | 35,1                     |
| 97 Se      | 23                       | 20,4                     | 25,3                     |
| 98 Tr      | 29                       | 25,8                     | 31,8                     |
| 99 We      | 32                       | 29,4                     | 35,3                     |
| 100 Za     | 44                       | 39,1                     | 47,3                     |
| Mittelwert | 36,6                     | 32,04                    | 40,00                    |
| s          | ± 8,3                    | ± 7,49                   | ± 8,00                   |

Tab.16

Gruppe 4 ( 50-60 Jahre )  
25 Vp

| Lfd.Nr.    | O <sub>2</sub> (ml)/kg<br>(STPD) | O <sub>2</sub> /kg | max.O <sub>2</sub> -Puls |
|------------|----------------------------------|--------------------|--------------------------|
| 76 Be      | 1458                             | 24,3               | 8,5                      |
| 77 Bl      | 2511                             | 33,9               | 14,6                     |
| 78 Da      | 1776                             | 29,1               | 11,8                     |
| 79 Fo      | 2006                             | 25,7               | 12,3                     |
| 80 Ge      | 1152                             | 17,4               | 7,1                      |
| 81 Gi      | 1764                             | 28,0               | 10,6                     |
| 82 Go      | 1315                             | 19,6               | 8,1                      |
| 83 Gu      | 1487                             | 23,2               | 10,1                     |
| 84 Ho      | 1560                             | 21,5               | 9,6                      |
| 85 Jo      | 1305                             | 18,9               | 8,7                      |
| 86 Ka      | 2012                             | 30,9               | 12,1                     |
| 87 Ko      | 1900                             | 40,4               | 11,7                     |
| 88 Kos     | 1480                             | 25,5               | 9,1                      |
| 89 Kr      | 1366                             | 19,5               | 8,4                      |
| 90 Lo      | 1419                             | 22,5               | 9,9                      |
| 91 Ma      | 1703                             | 24,3               | 11,3                     |
| 92 Op      | 1425                             | 26,0               | 9,0                      |
| 93 Po      | 1350                             | 24,1               | 8,3                      |
| 94 Por     | 1865                             | 33,3               | 13,0                     |
| 95 Re      | 1090                             | 18,6               | 7,6                      |
| 96 Sa      | 1624                             | 24,9               | 10,0                     |
| 97 Se      | 1060                             | 17,6               | 7,0                      |
| 98 Tr      | 1238                             | 19,6               | 7,4                      |
| 99 We      | 1440                             | 20,5               | 9,1                      |
| 100 Za     | 1681                             | 24,2               | 10,3                     |
| Mittelwert | 1559,5                           | 24,54              | 9,82                     |
| s          | ± 333,3                          | ± 5,65             | ± 1,97                   |

Tab.17

- 32 -

Gruppe 4 ( 50-60 Jahre )  
25 Vp

| Lfd.Nr.    | HF/min | RQ      | ÄÄ     |
|------------|--------|---------|--------|
| 76 Be      | 171    | 0,96    | 22,6   |
| 77 Bl      | 171    | 1,02    | 26,8   |
| 78 Da      | 150    | 1,00    | 28,8   |
| 79 Fo      | 162    | 0,97    | 25,5   |
| 80 Ge      | 162    | 1,20    | 30,7   |
| 81 Gi      | 166    | 1,03    | 21,6   |
| 82 Go      | 162    | 1,06    | 35,8   |
| 83 Gu      | 147    | 1,00    | 28,1   |
| 84 Ho      | 162    | 0,95    | 24,9   |
| 85 Jo      | 150    | 0,96    | 24,1   |
| 86 Ka      | 166    | 0,96    | 23,4   |
| 87 Ko      | 162    | 1,00    | 25,2   |
| 88 Kos     | 162    | 1,00    | 26,0   |
| 89 Kr      | 162    | 0,95    | 26,4   |
| 90 Lo      | 143    | 1,11    | 23,0   |
| 91 Ma      | 150    | 0,98    | 24,4   |
| 92 Op      | 158    | 0,96    | 22,3   |
| 93 Po      | 162    | 1,02    | 24,2   |
| 94 Por     | 143    | 1,24    | 24,8   |
| 95 Re      | 143    | 1,05    | 33,4   |
| 96 Sa      | 162    | 1,05    | 21,6   |
| 97 Se      | 150    | 1,03    | 23,8   |
| 98 Tr      | 166    | 0,95    | 25,6   |
| 99 We      | 158    | 1,02    | 24,4   |
| 100 Za     | 162    | 0,95    | 28,1   |
| Mittelwert | 158,1  | 1,017   | 25,82  |
| s          | ± 8,5  | ± 0,074 | ± 3,47 |

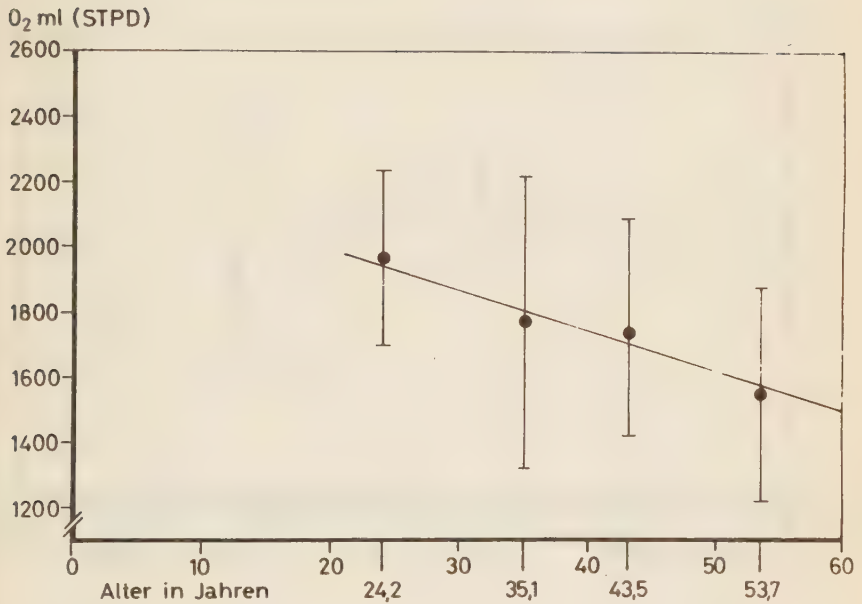


Abb. 2 Mittelwerte und  $\pm 1$  s Bereich der maximalen Sauerstoffaufnahme pro Minute in ml STPD in Abhängigkeit vom Altersmittelwert : Gruppe 1 (24,2 Jahre), Gruppe 2 (35,1 Jahre), Gruppe 3 (43,5 Jahre), Gruppe 4 (53,7 Jahre).  
Regressionsgerade für den Altersbereich 20 - 60 Jahre :  $y = 2253 - 12,5 \cdot x$  .  $x = 39,6$

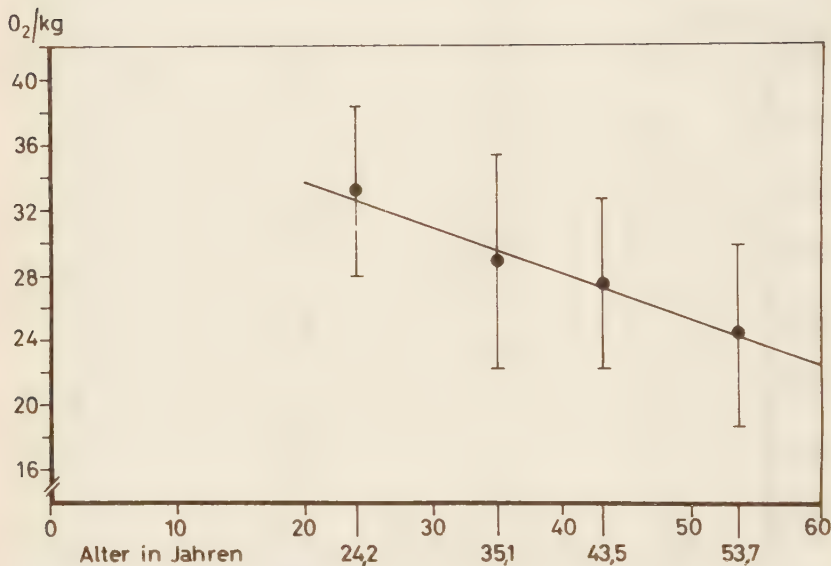


Abb. 3 Mittelwerte und  $\pm 1$  s Bereich der maximalen Sauerstoffaufnahme in ml pro kg Körpergewicht pro Minute STPD in Abhängigkeit vom Altersmittelwert : Gruppe 1 (24,2 Jahre), Gruppe 2 (35,1 Jahre), Gruppe 3 (43,5 Jahre), Gruppe 4 (53,7 Jahre).

Regressionsgerade für den Altersbereich

20 - 60 Jahre :  $y = 39,4 - 0,272 \cdot x$  ;  $x = 39,6$

max. O<sub>2</sub>-Puls

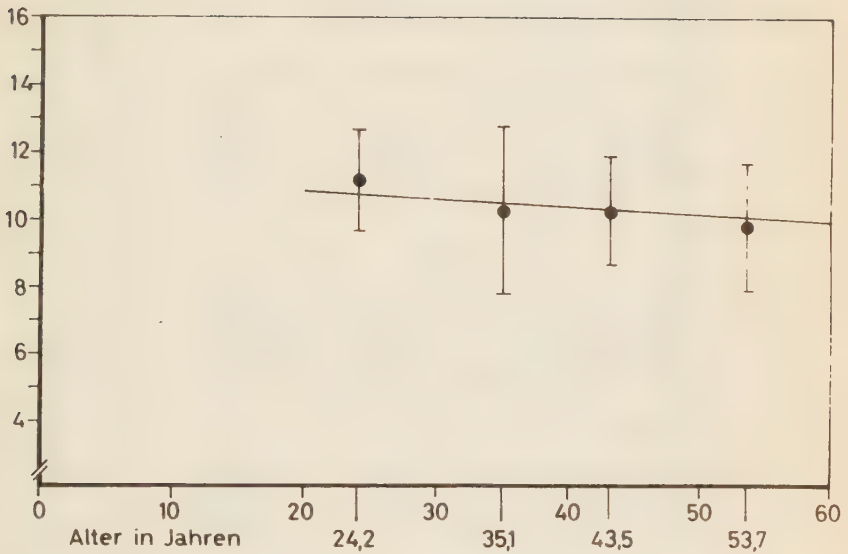


Abb. 4 Mittelwerte und  $\pm 1$  s Bereich des maximalen Sauerstoffpulses in Abhängigkeit vom Alters - Mittelwert : Gruppe 1 (24, 2 Jahre), Gruppe 2 (35, 1 Jahre), Gruppe 3 (43, 5 Jahre), Gruppe 4 (53, 7 Jahre).  
Regressionsgerade für den Altersbereich  
20 - 60 Jahre :  $y = 12,1 - 0,0409 \cdot x$  .  $x = 39,6$

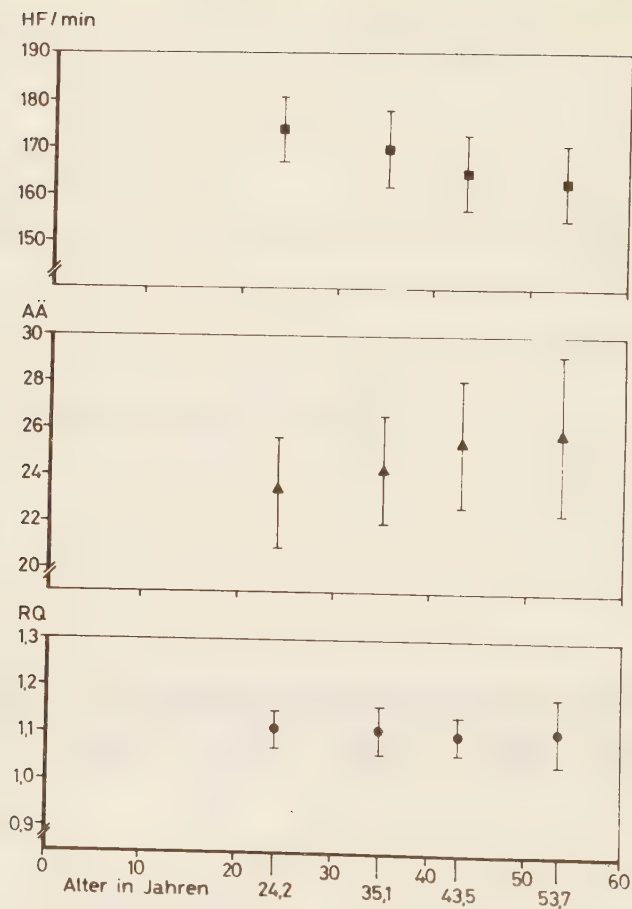


Abb. 5 Mittelwerte und  $\pm 1$  s Bereich der maximalen Werte der Herzschlagfrequenz, des respiratorischen Quotienten und des Atemäquivalentes in Abhängigkeit vom Altersmittelwert : Gruppe 1 (24,2 Jahre), Gruppe 2 (35,1 Jahre), Gruppe 3 (43,5 Jahre), Gruppe 4 (53,7 Jahre).

Tabelle 18

Signifikanzberechnungen der Versuchsreihen

+ nicht signifikant  
++ wahrscheinlich signifikant  
+++ signifikant

max. O<sub>2</sub>/kg max. O<sub>2</sub>-Puls

max. O<sub>2</sub>-  
Aufnahme  
(STPD)

AMV  
(STPD)

|             |           |   |       |        |       |       |
|-------------|-----------|---|-------|--------|-------|-------|
| Gruppe 1    | n         | = | 25    | 25     | 25    | 25    |
| 20-29 Jahre | $\bar{x}$ | = | 37,64 | 1969,8 | 33,34 | 11,23 |
|             | s         | = | 4,36  | 272,8  | 5,29  | 1,53  |
| Gruppe 2    | n         | = | 25    | 25     | 25    | 25    |
| 30-39 Jahre | $\bar{x}$ | = | 35,06 | 1770,4 | 29,11 | 10,32 |
|             | s         | = | 8,79  | 456,9  | 6,70  | 2,56  |

Differenz = 2,58 199,4 4,23 0,91

s<sub>Diff.</sub> = 1,96 106,4 1,70 0,59  
+ + + +

p = 0,10 0,05 0,01 0,10  
+ + + +

Tabelle 19

Signifikanzberechnungen der Versuchsreihen

+ nicht signifikant

++ wahrscheinlich signifikant

+++ signifikant

|                      |           | AMV<br>(STPD) | max. O <sub>2</sub> -<br>Aufnahme<br>(STPD) | max. O <sub>2</sub> /kg | max. O <sub>2</sub> -Puls |
|----------------------|-----------|---------------|---------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Gruppe 1             | n         |               |                                             |                         |                           |
|                      | =         | 25            | 25                                          | 25                      | 25                        |
| 20-29 Jahre          | $\bar{x}$ | 37,64         | 1969,8                                      | 33,34                   | 11,23                     |
|                      | s         | 4,36          | 272,8                                       | 5,29                    | 1,53                      |
| Gruppe 3             | n         | 25            | 25                                          | 25                      | 25                        |
|                      | =         | 35,96         | 1734,4                                      | 27,74                   | 10,39                     |
| 40-49 Jahre          | $\bar{x}$ | 5,56          | 318,6                                       | 5,25                    | 1,67                      |
|                      | s         |               |                                             |                         |                           |
| Differenz            | =         | 1,68          | 235,4                                       | 5,60                    | 0,84                      |
| s <sup>2</sup> Diff. | =         | 1,41<br>+     | 83,8<br>++                                  | 1,48<br>+++             | 0,44<br>+                 |
| p                    | =         | 0,15<br>+     | 0,005<br>+++                                | 0,0005<br>+++           | 0,05<br>++                |



Tabelle 21

Signifikanzberechnungen der Versuchsreihen

+ nicht signifikant  
++ wahrscheinlich signifikant  
+++ signifikant

|                      |           | AMV<br>(STPD) | max. O <sub>2</sub> -<br>Aufnahme<br>(STPD) | max. O <sub>2</sub> /kg | max. O <sub>2</sub> -Puls |
|----------------------|-----------|---------------|---------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Gruppe 2             | n         | 25            | 25                                          | 25                      | 25                        |
| 30-39 Jahre          | $\bar{x}$ | 35,06         | 1770,4                                      | 29,11                   | 10,32                     |
|                      | s         | 8,79          | 456,9                                       | 6,70                    | 2,56                      |
| Gruppe 3             | n         | 25            | 25                                          | 25                      | 25                        |
| 40-49 Jahre          | $\bar{x}$ | 35,96         | 1734,4                                      | 27,74                   | 10,39                     |
|                      | s         | 5,56          | 318,6                                       | 5,25                    | 1,67                      |
| Differenz            | =         | 0,96          | 36,0                                        | 1,37                    | 0,07                      |
| s <sup>2</sup> Diff. | =         | 2,08<br>+     | 111,4<br>+                                  | 1,70<br>+               | 0,60<br>+                 |
| p                    | =         | 0,35<br>+     | 0,40<br>+                                   | 0,25<br>+               | 0,475<br>+                |

Tabelle 22 Signifikanzberechnungen der Versuchsreihen

|                      |           |                            | AMV<br>(STPD) | max. O <sub>2</sub> -<br>Aufnahme<br>(STPD) | max. O <sub>2</sub> /kg | max. O <sub>2</sub> -Puls |
|----------------------|-----------|----------------------------|---------------|---------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
|                      | +         | nicht signifikant          |               |                                             |                         |                           |
|                      | ++        | wahrscheinlich signifikant |               |                                             |                         |                           |
|                      | +++       | signifikant                |               |                                             |                         |                           |
| Gruppe 2             | n         | =                          | 25            | 25                                          | 25                      | 25                        |
| 30-39 Jahre          | $\bar{x}$ | =                          | 35,06         | 1770,4                                      | 29,11                   | 10,32                     |
|                      | s         | =                          | 8,79          | 456,9                                       | 6,70                    | 2,56                      |
| Gruppe 4             | n         | =                          | 25            | 25                                          | 25                      | 25                        |
| 50-60 Jahre          | $\bar{x}$ | =                          | 32,94         | 1559,5                                      | 24,54                   | 9,82                      |
|                      | s         | =                          | 7,49          | 333,3                                       | 5,65                    | 1,97                      |
| Differenz            | =         |                            | 2,12          | 210,9                                       | 4,57                    | 0,50                      |
| S <sup>2</sup> Diff. | =         |                            | 2,31<br>+     | 113,1<br>+                                  | 1,74<br>++              | 0,64<br>+                 |
| p                    | =         |                            | 0,20<br>+     | 0,05<br>++                                  | 0,01<br>++              | 0,25<br>+                 |

Tabelle 23

Signifikanzberechnungen der Versuchsreihen

+ nicht signifikant

++ wahrscheinlich signifikant

+++ signifikant

|             |                        | AMV<br>(STPD) | max. O <sub>2</sub> -<br>Aufnahme<br>(STPD) | max. O <sub>2</sub> /kg | max. O <sub>2</sub> -Puls |
|-------------|------------------------|---------------|---------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Gruppe 3    | n =                    | 25            | 25                                          | 25                      | 25                        |
| 40-49 Jahre | $\bar{x}$ =            | 35,96         | 1734,4                                      | 27,74                   | 10,39                     |
|             | s =                    | 5,56          | 318,6                                       | 5,25                    | 1,67                      |
| Gruppe 4    | n =                    | 25            | 25                                          | 25                      | 25                        |
| 50-60 Jahre | $\bar{x}$ =            | 32,94         | 1559,5                                      | 24,54                   | 9,82                      |
|             | s =                    | 7,49          | 333,3                                       | 5,65                    | 1,97                      |
| <hr/>       |                        |               |                                             |                         |                           |
|             | Differenz =            | 3,02          | 174,9                                       | 3,20                    | 0,57                      |
| <hr/>       |                        |               |                                             |                         |                           |
|             | s <sup>2</sup> Diff. = | 1,86<br>+     | 92,2<br>+                                   | 1,53<br>++              | 0,55<br>+                 |
| <hr/>       |                        |               |                                             |                         |                           |
| p           | =                      | 0,10<br>+     | 0,05<br>++                                  | 0,025<br>++             | 0,20<br>+                 |

#### 4. VERGLEICHENDE BEURTEILUNG DER ERGEBNISSE

Die maximale Sauerstoffaufnahme (Sauerstoffaufnahme im Vita-maxima Bereich) nimmt vom 20. bis zum 60. Lebensjahr stetig ab.

|          |               |   |                             |
|----------|---------------|---|-----------------------------|
| Gruppe 1 | (20-29 Jahre) | : | 1969 ml O <sub>2</sub> /min |
| Gruppe 2 | (30-39 Jahre) | : | 1770 ml O <sub>2</sub> /min |
| Gruppe 3 | (40-49 Jahre) | : | 1734 ml O <sub>2</sub> /min |
| Gruppe 4 | (50-60 Jahre) | : | 1559 ml O <sub>2</sub> /min |

In der Gruppe eins ist die maximale Sauerstoffaufnahme (STPD) am größten. Sie beträgt im Mittel 1969 ml (1,969 Liter O<sub>2</sub> pro Minute). In der Gruppe vier dagegen ist der Wert auf 1559 ml (1,559 Liter O<sub>2</sub> pro Minute) gesunken. Dies entspricht einem Abfall um 20,9 %. Die maximale Sauerstoffaufnahme fällt steiler ab als das maximale Atemminutenvolumen (STPD). Um 20,9 % fällt die maximale Sauerstoffaufnahme, um 12,5 % das maximale Atemminutenvolumen von Gruppe eins zu Gruppe vier.

Neben der Minderung des maximalen Atemminutenvolumens mit zunehmendem Alter müssen weitere Faktoren die Abnahme der maximalen Sauerstoffaufnahme bei älteren Versuchspersonen bedingen. Die Altersabnahme der Sauerstoffkapazität kann weiter bedingt werden durch eine Minderung der Sauerstoffdiffusionskapazität der Lungen, des maximalen Minutenvolumens des Kreislaufs und der arteriovenösen Sauerstoffdifferenz.

Die maximale Sauerstoffaufnahme ist abhängig von der gewählten Arbeitsform. Sie ist bei Fußkurbelarbeit im Liegen am niedrigsten (20). Umrechnungswerte für die verschiedenen Formen der Ergometerarbeit - Handkurbelarbeit, Fußkurbelarbeit im Sitzen oder im Liegen - sind in (21) enthalten.

Vergleicht man unsere Ergebnisse mit denen von I. Astrand (1), so sind die Mittelwerte bei dieser Autorin in Gruppe eins um 13,2 %, in Gruppe zwei um 20,3 %, in Gruppe drei um 15,9 % und in Gruppe vier um 18,6 % größer (Tabelle 24). Hollmann fand an einem gemischten Untersuchungsgut von Sporttreibenden und Nichtsporttreibenden in Gruppe eins um 11,7 %, in Gruppe zwei um 11,8 %, in Gruppe drei um 7,8 % und in Gruppe vier um 7,1 % höhere Werte als unsere (Tabelle 24). Für 20-30 jährige Frauen liegen noch Untersuchungen von P. O. Astrand, Roskamm und von Kelp vor (2, 27, 8), wobei die Werte von P. O. Astrand um 47,2 % höher sind (Tabelle 24).

Bei I. Astrand und P. O. Astrand handelt es sich um eine Auslese regelmäßig sporttreibender, gut trainierter Probandinnen. Diese hohe Sauerstoffaufnahme ist zudem nicht nur ein Trainingseffekt, sondern auch durch die gewählte Arbeitsform - Fußkurbelarbeit im Sitzen - bedingt. Diese Untersuchungen wurden nicht nach einer standardisierten Methodik und nicht unter Leistungsumsatzbedingungen durchgeführt. Die höhere Sauerstoffaufnahme, die Hollmann (7) fand, ist ebenfalls im Untersuchungsgut und methodisch begründet. Es wurden sowohl sporttreibende als nichtsporttreibende Personen untersucht. Eine niedrigere maximale Sauerstoffaufnahme als unsere Werte ermittelten Roskamm und Kelp (27, 8). Bei (27) wurden die Probandinnen einer Langzeitbelastung bis zum maximalen relativen steady state" nach Reindell (24) unterzogen. Als "ausbelastet" galten Versuchspersonen mit einer Mindestpulszahl von 150/min (24). Die Untersuchungen von Kelp (8) sind ohne Beachtung der objektiven Kriterien der maximalen Arbeit durchgeführt worden (17;18;19).

Durch Bezug der Sauerstoffaufnahme pro Minute auf das Körpergewicht in kg wird der Gewichtsunterschied der verschiedenen Versuchsgruppen ausgeschlossen und ein relativer Vergleich ermöglicht. Da das durchschnittliche Körpergewicht in den Gruppen eins bis vier mit zunehmendem Alter zunimmt, die Sauerstoffaufnahme aber abnimmt, fällt der Quotient  $O_2/kg$  noch erheblich mehr ab. Unsere 50 - 60jährigen Versuchspersonen erreichen nur noch 73,5 % der 20 - 29jährigen Versuchspersonen.

Die Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht und Minute beträgt im Durchschnitt in Gruppe eins 33, 34 ml, in Gruppe zwei 29, 11 ml, in Gruppe drei 27, 74 ml und in Gruppe vier 24, 54 ml O<sub>2</sub>.

Diesen Werten sind in Tabelle 25 die Ergebnisse der Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht und Minute im Vita-maxima Bereich von I. Astrand gegenübergestellt.

Vergleicht man die von uns ermittelten Werte der Sauerstoffaufnahme im Vita-maxima Bereich 20 - 60 jähriger Frauen mit den Werten männlicher Personen gleichen Alters (12), so erreichen unsere Probandinnen in Gruppe eins 62, 5 %, in Gruppe zwei 65, 1 %, in Gruppe drei 70, 4 % und in Gruppe vier 70, 4 % der männlichen Maximalleistung. Von diesen Untersuchern wurde Fußkurbelarbeit im Liegen bei 60 Umdrehungen pro Minute gewählt (12) (Metabograph nach Fleisch, geschlossenes System). Trotz Sauerstoffatmung und Handkurbelarbeit fanden (28) ähnliche Ergebnisse wie (12), (Tabelle 26).

Der Sauerstoffpuls als Quotient aus Sauerstoffaufnahme in ml STPD je Minute dividiert durch die Herzschlagfrequenz pro Minute ist unabhängig von der Art der Ergometerarbeit (20). Der Mittelwert des maximalen Sauerstoffpulses (Sauerstoffpuls im Vita-maxima Bereich) beträgt für Gruppe eins 11, 2, für Gruppe zwei 10, 3, für Gruppe drei 10, 3 und für Gruppe vier 9, 8. Der prozentuale Abfall von Gruppe eins zu Gruppe vier beträgt 12, 5 %.

Tabelle 24

Sauerstoffaufnahme im Vita-maxima Bereich (maximale Sauerstoffaufnahme in ml STPD pro Minute) 20-60 jähriger Frauen. Werte aus der Literatur verglichen mit eigenen Ergebnissen (A).

|                                        | 20-29 Jahre                                  | 30-39 Jahre                                | 40-49 Jahre                                | 50-60 Jahre                                | 50-65 Jahre                                |
|----------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| I. Astrand<br>(1)                      | 2230 ml O <sub>2</sub><br>n=8<br>113, 2 %    | 2130 ml O <sub>2</sub><br>n=12<br>120, 3 % | 2010 ml O <sub>2</sub><br>n=8<br>115, 9 %  |                                            | 1850 ml O <sub>2</sub><br>n=18<br>118, 6 % |
| Hollmann<br>(7)                        | 2200 ml O <sub>2</sub><br>n=282<br>111, 7 %  | 1980 ml O <sub>2</sub><br>n=30<br>111, 8 % | 1870 ml O <sub>2</sub><br>n=17<br>107, 8 % | 1870 ml O <sub>2</sub><br>n=19<br>107, 1 % |                                            |
| P. O. Astrand<br>(2)                   | 2900 ml O <sub>2</sub><br>n=44<br>147, 2 %   |                                            |                                            |                                            |                                            |
| Roskamm,<br>Reindell<br>et al.<br>(27) | 1623, 6 ml O <sub>2</sub><br>n=43<br>82, 4 % |                                            |                                            |                                            |                                            |
| Kelp<br>(8)                            | 1417 ml O <sub>2</sub><br>n=50<br>71, 9 %    |                                            |                                            |                                            |                                            |
| A                                      | 1989 ml O <sub>2</sub><br>n=25<br>100 %      | 1770 ml O <sub>2</sub><br>n=25<br>100 %    | 1734 ml O <sub>2</sub><br>n=25<br>100 %    | 1559 ml O <sub>2</sub><br>n=25<br>100 %    |                                            |

Tabelle 25

Sauerstoffaufnahme (ml) pro kg Körpergewicht  
im Vita-maxima Bereich 20-60 jähriger Frauen.  
Werte von I. Astrand (1) verglichen mit den von  
uns ermittelten Werten (A).

|             | A            | I. Astrand     |
|-------------|--------------|----------------|
| 20-29 Jahre | 33,3 = 100 % | 39,9 = 119,8 % |
| 30-39 Jahre | 29,1 = 100 % | 37,3 = 128,1 % |
| 40-49 Jahre | 27,7 = 100 % | 32,5 = 117,3 % |
| 50-60 Jahre | 24,5 = 100 % |                |
| 50-65 Jahre |              | 28,4 = 115,9 % |

Tabelle 26

Sauerstoffaufnahme im Vita-maxima Bereich (ml STPD je Minute)  
 20-60 jähriger Frauen verglichen mit der Sauerstoffaufnahme im  
 Vita-maxima Bereich gleichaltriger Männer. A : 20-60 jährige Frauen,  
 eigene Ergebnisse.

|                                   | 20-29 Jahre                           | 30-39 Jahre                            | 40-49 Jahre                            | 50-60 Jahre                           |
|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| König, Reindell<br>et al.<br>(12) | 3149 ml O <sub>2</sub> /min<br>100 %  | 2717 ml O <sub>2</sub> /min<br>100 %   | 2462 ml O <sub>2</sub> /min<br>100 %   | 2214 ml O <sub>2</sub> /min<br>100 %  |
| Valentin et al.<br>(28)           | 3020 ml O <sub>2</sub> /min<br>95,9 % | 3020 ml O <sub>2</sub> /min<br>111,1 % | 2630 ml O <sub>2</sub> /min<br>106,8 % | 2140 ml O <sub>2</sub> /min<br>96,6 % |
| A                                 | 1969 ml O <sub>2</sub> /min<br>62,5 % | 1770 ml O <sub>2</sub> /min<br>65,1 %  | 1734 ml O <sub>2</sub> /min<br>70,4 %  | 1559 ml O <sub>2</sub> /min<br>70,4 % |

## 5. DIE BEDEUTUNG DER MAXIMALEN SAUERSTOFFAUFNAHME IN DER INTERNISTISCHEN BEGUTACHTUNG

In der Begutachtung soll der augenblickliche Gesundheits- und Leistungszustand einer Person erfaßt und in Beziehung zu rechtlichen Definitionen gebracht werden. Zur Erkennung einer Erkrankung gehört die klinische Untersuchung und die Messung von Funktionen. Vor der Funktionsmessung steht die Qualitätsdiagnose. Die Einführung funktionsanalytischer Methoden gibt der Begutachtung eine objektive Grundlage.

Die deutsche Sozialversicherung enthält folgende Versicherungsgruppen:

1. Krankenversicherung
2. Unfallversicherung
3. Rentenversicherung
4. Arbeitslosenversicherung
5. Kriegsopferversorgung.

Zu 1. Träger der Krankenversicherung ist die Krankenkasse. In der Krankenversicherung wird nach der Arbeitsunfähigkeit gefragt. Arbeitsunfähig ist der Versicherte dann, wenn er wegen Krankheit seine gegenwärtige Arbeit nicht verrichten kann. Die Krankenversicherung kennt keine prozentuale Arbeitsunfähigkeit. Eine Verweisung auf andere berufliche Tätigkeiten entfällt. Der ursächliche Zusammenhang ist ohne Belang. Eine ergometrische Untersuchung ist hier ohne Sinn.

Zu 2. Träger der Unfallversicherung sind die Berufsgenossenschaften. Bei der Begutachtung in der Unfallversicherung sollen Folgezustände von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten beurteilt werden. Zunächst ist der ursächliche Zusammenhang aufzuzeigen. Zu dieser Grundfrage kann die Leistungsanalyse keine Antwort geben. Handelt es sich um eine Erkrankung des cardio-pulmonalen Systems kann der Grad einer eingetretenen Erwerbsminderung in Prozenten angegeben werden.

Die individuelle Erwerbsfähigkeit vor dem Unfall ist Ausgangspunkt und wird gleich 100 % gesetzt. Außerdem ist die Leistungsanalyse in diesem Zusammenhang bedeutungsvoll, soll in Wiederholungsuntersuchungen zur Frage einer Besserung oder Verschlechterung Stellung genommen werden.

Zu 3. Träger der Rentenversicherung sind die Landesversicherungsanstalten und die Bundesversicherungsanstalt für Angestellte. Die Leistung der Rentenversicherung besteht in Gewährung einer Altersrente nach Erreichen des 65. Lebensjahres für Frauen sowie für Männer. Bei Erwerbsunfähigkeit tritt der Versicherungsfall früher ein. Erwerbsunfähig ist der Versicherte, der infolge von Krankheit oder anderen Gebrechen oder Schwäche seiner körperlichen oder geistigen Kräfte auf nicht absehbare Zeit eine Erwerbstätigkeit in gewisser Regelmäßigkeit nicht mehr ausüben oder nicht mehr als nur geringfügige Einkünfte durch Erwerbstätigkeit erzielen kann. Davon ist die Berufsunfähigkeit abzutrennen. Berufsunfähig ist der Versicherte, dessen Erwerbsfähigkeit infolge von Krankheit oder anderen Gebrechen oder Schwäche seiner körperlichen oder geistigen Kräfte auf weniger als die Hälfte derjenigen eines körperlich oder geistig gesunden Versicherten mit ähnlicher Ausbildung und gleichwertigen Kenntnissen und Fähigkeiten herabgesunken ist.

Die noch vorhandene Leistungsfähigkeit des Probanden wird zu seiner bisherigen beruflichen Tätigkeit und zu einer eventuell neuen Tätigkeit in Beziehung gesetzt. Als Verweisberufe sind alle Tätigkeiten heranzuziehen, die den Kräften und Fähigkeiten des Versicherten entsprechen und die ihm unter Berücksichtigung der Dauer und des Umfanges seiner Ausbildung sowie seines bisherigen Berufes und den besonderen Anforderungen seiner bisherigen Berufstätigkeit zugemutet werden können (15). Die gesetzliche Definition der Begriffe Berufsunfähigkeit und Erwerbsunfähigkeit verlangt keine direkte prozentuale Bewertung der Minderung der Erwerbsfähigkeit (15).

Zu 4. Die Arbeitslosenversicherung ist ohne Bedeutung für unsere Themenstellung.

Zu 5. Die versicherungsrechtlichen Grundsätze in der Kriegsoferversorgung entsprechen denen der Unfallversicherung, soweit eine M. d. E. festgesetzt wird.

Eine objektive, reproduzierbar - und vergleichbare quantitative Funktionsanalyse stellt die Spiroergometrie unter Vita-maxima Bedingungen dar. Als Kriterien der Vita-maxima sind nach Mellerowicz, Reindell, Hollmann, Mies, Roskamm, Hettinger, Klaus, König und Stoboy (17;18;19) zu fordern:

1. Erreichen bzw. Überschreiten der - 2 s Grenzen der altersgemäßen Maximalwerte der Herzschlagfrequenz.
2. Erreichen bzw. Überschreiten der - 2 s Grenzen der alters- und geschlechtsgemäßen Maximalwerte des Atemäquivalentes.
3. Erreichen bzw. Überschreiten des Wertes 1,00 für den Respiratorischen Quotienten.

Werden diese Werte in pathologischen Fällen nicht erreicht, so kann ein Maximalwert angenommen werden, wenn (22)

1. sich eine Senkung der ST-Strecke <sup>horizontal oder descendierend verlaufend</sup> von mehr als 0,1 mV zeigt
2. Extrasystolen, insbesondere polytope Kammerextrasystolen, auftreten
3. Schenkelblocks registriert werden
4. es bei den Probanden zu stenocardischen Beschwerden kommt.

Das "primum nihil nocere" ist auch in diesen Fällen oberstes Gebot.

Ergometrische Untersuchungen geben stets nur den Momentanzustand wieder. Erkrankungen mit Intervallcharakter, das Auftreten beschwerdearmer Perioden, die Besserung eines Leidens durch Einnahme eines Medikamentes bzw. die Verschlechterung eines Krankheitsgeschehens durch unterlassene Einnahme von Medikamenten sind zu beachten.

Bedingung jeder ergometrischen Untersuchung ist die Bereitschaft des Probanden zur Mitarbeit (14). Spirographische Kontrolluntersuchungen lassen durch unterschiedliche Ergebnisse weitgehend mangelnde Bereitschaft erkennen (6).

Auch wird in den meisten Berufen heute keine schwere Arbeit mehr verlangt. Maschinen ersetzen Menschenkraft. Es resultiert eine geringere Fähigkeit, sich maximal anzustrengen. Trotz Entfaltung der gesamten Willenskraft kann durch unkoordinierten Muskeleinsatz Arbeitsabbruch bei subjektivem Erschöpfungsgefühl erfolgen, ohne die Kriterien der Vita-maxima zu erreichen.

Die Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme unter Außenluftatmung bei stufenweis ansteigender Belastung gestattet eine quantitative Aussage über die funktionelle Einheit von Herz - Kreislauf, Lungen und Blut (10).

Leistungsbegrenzend ist das zuerst versagende Organ dieser funktionell zusammenhängenden Gruppe. Soll eine Leistungsanalyse des Herz-Kreislaufsystems vorgenommen werden, müssen nicht dazugehörige Faktoren ausgeschlossen werden.

Eine Einschränkung der maximalen Sauerstoffaufnahme, die eine Minderung der Erwerbsfähigkeit oder gar Berufsunfähigkeit begründen, kann durch folgende Faktoren bedingt sein:

1. Cardial und vaskulär (Myocardschäden, angeborene oder erworbene Vitien, Cor pulmonale, Coronarstenosen und Stenosen an peripheren Gefäßen).

2. Pulmonal (obstruktive Ventilationsstörungen durch Bronchial-lumeneinengung, z. B. Asthma bronchiale. Restriktive Ventilationsstörungen durch raumfordernde Prozesse im Thorax, durch Einschränkung der Motilität des Thorax oder des Zwerchfelles - z. B. Pleuraschwarten - durch Minderung der Lungenelastizität. Perfusionsstörungen bei Durchblutung nicht beatmeter Lungenanteile - Kollabierte Lunge, Atelektase, Infiltrate -. Diffusionsstörungen bei Verkleinerung der Gasaustauschfläche - Parenchymverlust oder bei Veränderungen der Membran zwischen Alveole und Kapillare).
3. Hämatogen (Minderung der Sauerstofftransportkapazität des Blutes).
4. Muskulär (Inaktivitätsatrophie, Mangelkapillarisation u. a. ).
5. Andere Ursachen (Schäden am Bewegungs- und Stützapparat; endokrine und vegetative Funktionsstörungen u. a. )

Bei der Bestimmung der körperlichen Leistungsfähigkeit muß nach E. A. Müller (23) zwischen maximaler und beruflicher Leistungsfähigkeit unterschieden werden. Ein Äquivalent der maximalen Leistungsfähigkeit ist diejenige am Ergometer ausgeführte Arbeit, die in wenigen Minuten zur größten Sauerstoffaufnahme einer Person führt. Berufliche Leistungsfähigkeit ist dagegen die größte Arbeitsschwere, die bei täglicher Arbeit im Beruf dem Körper ohne Schaden zugemutet werden kann. Die berufliche Leistungsfähigkeit wird auch Dauerleistungsfähigkeit genannt. Die Dauerleistungsfähigkeit soll nach E. A. Müller bis zum 30. Lebensjahre 20 % der Höchstleistungsfähigkeit betragen. Nach dem 30. Lebensjahre soll die Dauerleistungsfähigkeit bei sinkender Höchstleistungsfähigkeit konstant bleiben. P. O. Astrand (zit. nach 29) setzt die Dauerleistungsfähigkeit generell gleich 50 % der Höchstleistungsfähigkeit. Die großen Differenzen in den Angaben beider Autoren resultieren aus der unterschiedlichen Dauer der Leistung, auf die sie sich beziehen.

Als Bezugswerte einer Beurteilung der M. d. E. in Prozent dienen die Abbildungen 6 und 7. Grundlage dieser Abbildungen sind die von uns unter standardisierter Methodik (17;18;19) an gesunden untrainierten 20 - 60jährigen weiblichen Personen ermittelten maximalen Sauerstoffaufnahmewerte.

Innerhalb der - 2 s Grenze der maximalen Sauerstoffaufnahme gesunder untrainierter 20 - 60jähriger weiblicher Personen beträgt die M. d. E. gleich 0 %. Unterhalb 450 ml maximaler Sauerstoffaufnahme, das anderthalbfache des Ruhegrundumsatzes, beträgt die M. d. E. gleich 100 %. Zwischen beiden Bezugspunkten finden sich die Abstufungen 30 % - 50 % - 70 % M. d. E. Bei den gewichtsbezogenen Werten ist das Sollgewicht der zu begutachtenden Person einzusetzen.

Bei der Festsetzung der Erwerbsminderung in der Unfallversicherung wird die individuelle Leistungsfähigkeit vor dem Unfall gleich 100 % gesetzt. Hier muß zunächst aus Alter, Körpergröße und Körpergewicht die individuelle prämorbidie Leistungsfähigkeit abgeschätzt werden. Handelt es sich um eine ehemals voll gesunde Person, so liegt dieser abgeschätzte Wert innerhalb der Variationsbreite gleichaltriger Normalpersonen. Die leistungsbedingte M. d. E. kann aus den Abbildungen 6 und 7 entnommen werden.

Tab. 29

Die Ermittlung der Null-Prozent Grenze einer leistungsbedingten M. d. E.  
aus der maximalen Sauerstoffaufnahme 20-60 jähriger Frauen.

|             | max. O <sub>2</sub> -<br>Aufnahme<br>(STPD) | max. O <sub>2</sub> -<br>Aufnahme<br>(STPD) |                     |
|-------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------|
| Gruppe 1    | $\bar{x}$ = 1969, 8                         |                                             |                     |
| n=25        | s = 272, 8                                  |                                             |                     |
| 20-29 Jahre |                                             |                                             |                     |
|             |                                             | Gruppe 1                                    |                     |
|             |                                             | +                                           | =                   |
|             |                                             | Gruppe A                                    | $\bar{x}$ = 1870, 1 |
| Gruppe 2    | $\bar{x}$ = 1770, 4                         | n=50                                        | s = 387, 4          |
| n=25        | s = 456, 9                                  | 20-39 Jahre                                 | -2s = 774, 8        |
| 30-39 Jahre |                                             |                                             | = O % M. d. E.      |
|             |                                             |                                             |                     |
| Gruppe 3    | $\bar{x}$ = 1734, 4                         |                                             |                     |
| n=25        | s = 318, 6                                  |                                             |                     |
| 40-49 Jahre |                                             |                                             |                     |
|             |                                             | Gruppe 3                                    |                     |
|             |                                             | +                                           | =                   |
|             |                                             | Gruppe B                                    | $\bar{x}$ = 1646, 9 |
|             |                                             | n=50                                        | s = 331, 2          |
| Gruppe 4    | $\bar{x}$ = 1559, 5                         | 40-60 Jahre                                 | -2s = 662, 4        |
| n=25        | s = 333, 3                                  |                                             | = O % M. d. E.      |
| 50-60 Jahre |                                             |                                             |                     |

Tab. 30

Die Ermittlung der Null-Prozent Grenze einer leistungsbedingten M. d. E.  
aus der maximalen Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht 20-60 jähriger Frauen.

|             | max. O <sub>2</sub> /kg |          |             | max. O <sub>2</sub> /kg    |
|-------------|-------------------------|----------|-------------|----------------------------|
| Gruppe 1    | $\bar{x}$ = 33,34       |          |             |                            |
| n=25        | s = 5,29                |          |             |                            |
| 20-29 Jahre |                         |          |             |                            |
|             |                         | Gruppe 1 |             |                            |
|             |                         | +        |             |                            |
|             |                         |          | Gruppe A    | $\bar{x}$ = 31,22          |
| Gruppe 2    | $\bar{x}$ = 29,11       |          | n=50        | s = 6,35                   |
| n=25        | s = 6,70                | Gruppe 2 | 20-39 Jahre | -2s = 12,70 = 0 % M. d. E. |
| 30-39 Jahre |                         |          |             |                            |
|             |                         |          |             |                            |
|             |                         |          |             |                            |
| Gruppe 3    | $\bar{x}$ = 27,74       |          |             |                            |
| n=25        | s = 5,25                |          |             |                            |
| 40-49 Jahre |                         |          |             |                            |
|             |                         | Gruppe 3 |             |                            |
|             |                         | +        |             |                            |
|             |                         |          | Gruppe B    | $\bar{x}$ = 26,13          |
| Gruppe 4    | $\bar{x}$ = 24,54       |          | n=50        | s = 5,57                   |
| n=25        | s = 5,65                | Gruppe 4 | 40-60 Jahre | -2s = 11,14 = 0 % M. d. E. |
| 50-60 Jahre |                         |          |             |                            |

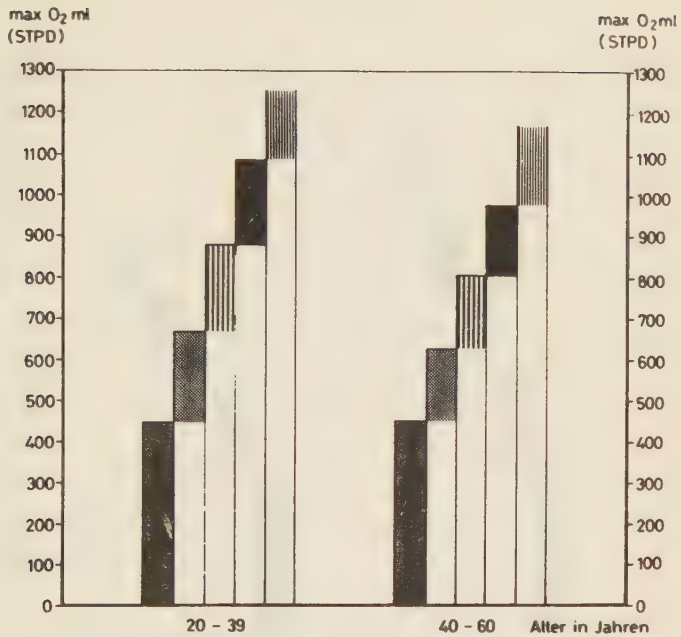


Abb. 6

Die leistungsbedingte M. d. E. in Prozent in Abhängigkeit von Alter und Einschränkung der maximalen Sauerstoffaufnahme (ml STPD)



= 100 %



= 30 %



= 70 %



= 0 %



= 50 %

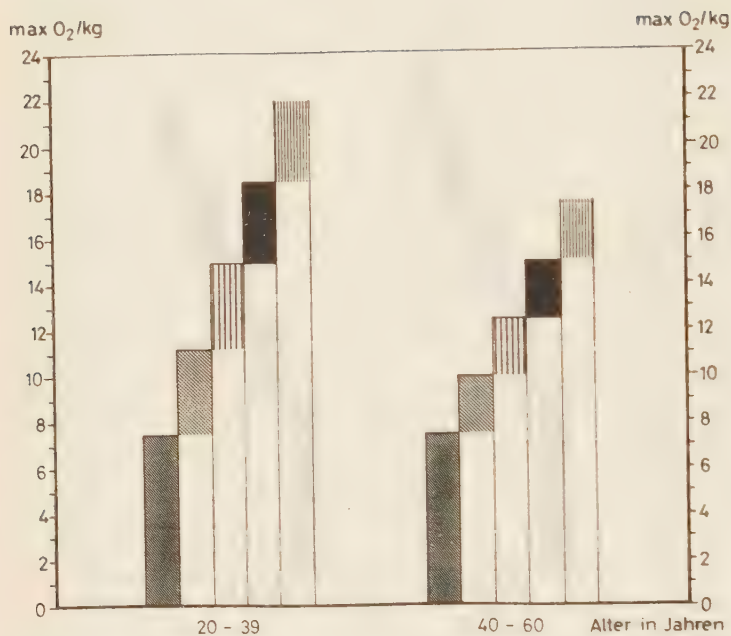


Abb. 7

Die leistungsbedingte M. d. E. in Prozent in Abhängigkeit von Alter und maximaler Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht (ml STPD).



= 100 %



= 30 %



= 70 %



= 50 %



= 0 %

Eine Angabe der prozentualen M. d. E. ist in der Rentenversicherung nicht angebracht. Aus Abbildung 6 und 7 kann jedoch das Ausmaß der körperlichen Leistungsbeschränkung abgelesen werden.

Ist über die Berufsunfähigkeit zu entscheiden, so muß die Arbeitsschwere am Arbeitsplatz bekannt sein und in Beziehung zur maximalen Sauerstoffaufnahme gesetzt werden. Die Arbeitsschwere wird in Arbeitskilokalorien (akcal) angegeben. Hinzugerechnet werden muß ein Ruheumsatzwert von etwa 1,5 Kilokalorien (rkcal)/kg/h.

(Gesamt - kcal = akcal + rkcal). Es entsprechen 1000 ml  $O_2$ /min = 5 kcal/min (4,70 kcal - 5,05 kcal) (2). Von Lehmann (13) stammt eine Einteilung der Arbeitsschwere in 5 Gruppen. Grundlage dieser Einteilung ist der Energieumsatz. Von diesen Dauerleistungswerten rechneten wir auf Höchstleistungswerte um (29).

So entspricht:

1. leichter Arbeit eine maximale Sauerstoffaufnahme bis 700 ml  $O_2$ /min oder bis 2 akcal/min.
2. mäßiger Arbeit eine maximale Sauerstoffaufnahme bis 1100 ml  $O_2$ /min oder bis 4 akcal/min.
3. mittlerer Arbeit eine maximale Sauerstoffaufnahme bis 1500 ml  $O_2$ /min oder bis 6 akcal/min.
4. schwerer Arbeit eine maximale Sauerstoffaufnahme bis 1900 ml  $O_2$ /min oder bis 8 akcal/min.
5. schwerster Arbeit eine maximale Sauerstoffaufnahme bis 2300 ml  $O_2$ /min oder bis 10 akcal/min. Schwere und schwerste Arbeit werden in der Regel nicht als Dauerleistung vollbracht.

Das Maximum der Arbeitsschwere liegt für weibliche Berufe bei "mittlerer Arbeit" (13).

Berufe mit leichter Arbeit (1.):

Uhrmacher, Buchhalter, Stenotypistin, Buchdrucker, Apotheker, Laboranten, Hausangestellte und ähnliche Berufe.

Berufe mit mäßiger Arbeit (2.):

Hausfrau, Friseur, Putzfrau, prakt. Arzt, Handweber, Autofahrer und ähnliche Berufe.

Berufe mit mittlerer Arbeit (3.):

Masseur, Ballettuse, Fensterputzer, Koch, Fleischer, Glaser, Briefträger und ähnliche Berufe.

Berufe mit schwerer Arbeit (4.):

Eisengießer, Wegebauarbeiter, Winzer, Schweizer, Gärtner und ähnliche Berufe.

Berufe mit schwerster Arbeit (5.):

Holzfäller, Eisenträger, Sackträger und ähnliche Berufe.

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

Nach standardisierter Methodik unter Leistungsumsatzbedingungen wurden je

|    |                 |            |
|----|-----------------|------------|
| 25 | 20 - 29 jährige | (Gruppe 1) |
| 25 | 30 - 39 jährige | (Gruppe 2) |
| 25 | 40 - 49 jährige | (Gruppe 3) |
| 25 | 50 - 60 jährige | (Gruppe 4) |

gesunde, untrainierte Frauen untersucht und die Sauerstoffaufnahme im Vita-maxima Bereich bestimmt.

Die maximale Sauerstoffaufnahme beträgt für

|          |                                                       |
|----------|-------------------------------------------------------|
| Gruppe 1 | 1969 ml O <sub>2</sub> /min (STPD) $\pm$ 1 s = 272 ml |
| Gruppe 2 | 1770 ml O <sub>2</sub> /min (STPD) $\pm$ 1 s = 456 ml |
| Gruppe 3 | 1734 ml O <sub>2</sub> /min (STPD) $\pm$ 1 s = 318 ml |
| Gruppe 4 | 1559 ml O <sub>2</sub> /min (STPD) $\pm$ 1 s = 333 ml |

Die mit standardisierter Methodik ermittelten Werte und ihre Standardabweichungen können als Bezugsgrößen für ergometrische Untersuchungen verwandt werden.

Die Bedeutung der Messung der maximalen Sauerstoffaufnahme für Frauen in der Begutachtung wird dargestellt.

## 7. LITERATUR

Titelabkürzungen nach PERIODICA MEDICA

Artelt W., Heischkel E., Wehmer C.: PERIODICA MEDICA

Georg Thieme Verlag  
Stuttgart 1952

1. Astrand I.: AEROBIC WORK CAPACITY IN MEN AND WOMEN  
WITH SPECIAL REFERENCE TO AGE  
Acta physiol. Scand.  
Suppl. 169 (1960)
2. Astrand P. O.: EXPERIMENTAL STUDIES OF PHYSICAL WORKING  
CAPACITY IN RELATION TO SEX AND AGE  
Munksgaard  
Kopenhagen 1952
3. Christensen E. H.: Die Lebenswandlungen der Kreislauffunktionen  
in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht.  
Verh. Dtsch. Ges. Kreisl.forsch.  
24. Tagung, 60-73 (1958)
4. Documenta Geigy: WISSENSCHAFTLICHE TABELLEN  
Basel 1960
5. Freudenberg K.: GRUNDRISS DER MEDIZINISCHEN STATISTIK  
F.G. Schattauer Verlag  
Stuttgart 1962
6. Hollmann W., Venrath H., Tietz N.: Die Streubreite der Sauerstoff-  
aufnahmewerte bei spiroergometrischen Untersuchungen.  
Zschr. Kreisl.forsch.  
45, 95-99 (1956)
7. Hollmann W.: HÖCHST- UND DAUERLEISTUNGSFÄHIGKEIT  
DES SPORTLERS  
J. A. Barth Verlag  
München 1963
8. Kelp H.: Die maximale Sauerstoffaufnahme bei jungen Frauen.  
Zschr. Kreisl.forsch.  
49, 708-716 (1960)

9. Kirchhoff H.W. , Reindell H. , Gebauer A. : Untersuchungen über die Sauerstoffaufnahme, Kohlensäureabgabe, das AMV, AÄ und den RQ während körperlicher Belastung bei Normalpersonen und Höchstleistungssportlern.  
Dtsch. Arch. Klin. Med.  
203, 423-447 (1956)
10. Knipping H.W. , Bolt W. , Valentin H. , Venrath H. :  
UNTERSUCHUNG UND BEURTEILUNG DES  
HERZKRANKEN  
F. Enke Verlag  
Stuttgart 1960
11. König K. , Reindell H. , Roskamm H. : Zur Frage der Ausbelastung bei spiroergometrischen Leistungsprüfungen.  
Dtsch. med. Wschr.  
25, 1304-1310 (1962)
12. König K. , Reindell H. , Musshoff K. , Roskamm H. , Kessler M. :  
Das Herzvolumen und die körperliche Leistungsfähigkeit bei 20 - 60 jährigen gesunden Männern.  
Arch. Kreislaufforsch.  
35, 37-67 (1961)
13. Lehmann G. : HANDBUCH DER GESAMTEN ARBEITSMEDIZIN  
Verlag von Urban u. Schwarzenberg  
München - Berlin  
Bd. I, 66 und 320 (1961)
14. Marx H.H. , Zühlke H.E. , Schütze B. : Möglichkeiten und Grenzen der Spiroergometrie für klinische Fragestellungen.  
Zschr. Kreisl. forsch.  
54, 1054-1067 (1965)
15. Marx H.H. : GUTACHTEN - FIBEL  
Georg Thieme Verlag  
Stuttgart 1967
16. Maxwell L. Howell et al. : INTERCOLLEGIATE ATHLETICS AND MAXIMAL OXYGEN CONSUMPTION  
Fitness Research Unit  
University of Alberta

17. Mellerowicz H., Reindell H., Hollmann W., Mies H.,  
Roskamm H. : Vorschläge zur Standardisierung  
der ergometrischen Leistungsmessung.  
I. Mitteilung.  
Zschr. Kreisl. forsch.  
50, 273-281 (1961)
18. Mellerowicz H., Roskamm H., Hettinger Th., Hollmann W.,  
Klaus E. J., König K., Mies H., Reindell H., Stoboy E. :  
Vorschläge zur Standardisierung der ergometrischen  
Leistungsmessung.  
II. Mitteilung.  
Zschr. Kreisl. forsch.  
53, 856-860 (1964)
19. I. Vorschlag zur internationalen Standardisierung  
der Ergometrie.  
Sportarzt  
8, 405-408 (1966)
20. Mellerowicz H., Galle L. : Vergleichende Untersuchungen  
cardialer und pulmonaler Funktionen bei maximaler  
Arbeit am Ergometer im Stehen, Sitzen und Liegen.  
Sportarzt  
10, 332-338 und 359-366 (1962)
21. Mellerowicz H. : ERGOMETRIE  
Verlag von Urban und Schwarzenberg  
München - Berlin 1962
22. Mellerowicz H., Fric J., Hansen G. : Measuring of Oxygen  
Capacity.  
Veröffentlichung in Vorbereitung
23. Müller E. A. : Methoden zur Diagnose der physischen Leistungs-  
fähigkeit.  
Arbeitsmedizin  
4, 79-83 (1964)
24. Musshoff K., Reindell H., König K., Keul J. :  
Das Herzvolumen und die körperliche Leistungs-  
fähigkeit bei 10 - 19 jährigen gesunden Kindern und  
Jugendlichen.  
Arch. Kreislaufforsch.  
35, 12-36 (1961)

25. Nowacki P. : Die Bedeutung des Ventilations - RQ  
bei ergometrischer Leistung.  
1. Internationales Seminar für Ergometrie.  
Institut für Leistungsmedizin  
Berlin 1965
26. Robinson S. : Experimental Studies of Physical Fitness  
in Relation to Age.  
Arbeitsphysiologie  
10, 251-323 (1939)
27. Roskamm H. , Reindell H. , Musshoff K. , König K. :  
Die Beziehungen zwischen Herzgröße und Leistungs-  
fähigkeit bei männlichen und weiblichen Sportlern  
im Vergleich zu männlichen und weiblichen Normal-  
personen.  
Arch. Kreislaufforsch.  
35, 67-102 (1961)
28. Valentin H. , Venrath H. , v. Mallinckrodt H. , Gürakar M. :  
Die maximale Sauerstoffaufnahme in den verschiedenen  
Altersklassen. Eine praktisch wichtige Herz-Kreislauf-  
funktionsprüfung im Vita-maxima Bereich.  
Zschr. Altersforsch.  
9, 291-309 (1955/56)
29. Zapfe H. : Ergometrie in der Begutachtung.  
1. Internationales Seminar für Ergometrie.  
Institut für Leistungsmedizin  
Berlin 1965



## ANHANG

### Abkürzungen

|                           |   |                                                                             |
|---------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------|
| Vp                        | = | Versuchsperson                                                              |
| AMV                       | = | Atemminutenvolumen                                                          |
| max. O <sub>2</sub> -Puls | = | Maximaler Sauerstoffpuls                                                    |
| HF                        | = | Herzschlagfrequenz                                                          |
| RQ                        | = | Respiratorischer Quotient                                                   |
| AÄ                        | = | Atemäquivalent                                                              |
| ATPS                      | = | Gasdruck und Temperatur der Umgebung<br>mit Wasserdampf gesättigt           |
| STPD                      | = | 0 Grad Celsius, 760 mmHg und Trockenheit                                    |
| BTPS                      | = | 37 Grad Celsius, 760 mmHg und Wasserdampf-<br>sättigung bei 37 Grad Celsius |



## LEBENS LAUF

Als Sohn des Erich Thalemann und seiner Ehefrau Elise Thalemann geborene Wiesang wurde ich, Christian Wilhelm Thalemann, am 12. 5. 1938 in Berlin geboren.

Grund- und Oberschulbesuch in Berlin, abgeschlossen mit der Reifeprüfung 1958. Im gleichen Jahr Immatrikulation an der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin. Nach dem Staatsexamen 1964 als Medizinalassistent im Kreiskrankenhaus Bad Segeberg, in der Sportärztlichen Hauptberatungsstelle Berlin und im Auguste Viktoria Krankenhaus Berlin sowie im Stadt-krankenhaus Selb/Ofr. tätig.

Zur Zeit bin ich als Assistenzarzt auf der chirurgischen Abteilung des Königswarter Krankenhauses in Berlin beschäftigt.

Als Sohn des Reichs-Physikanten und seiner Ehefrau Maria Theresia  
geborenen Wiesner wurde ich am 1. Oktober 1871 in Berlin geboren.  
am 12. 2. 1894 in Berlin gestorben.

Grund- und Oberstufe der hiesigen, kaiserlichen und der  
Königlichen Schule, im letzten Jahr wurde ich in die  
Medizinische Fakultät der Freien Universität Berlin aufgenommen.  
Studienjahre 1891 bis 1894, in der Anatomie und im Praktikum.  
Ich beendete, in der Spezialität der Innere Medizin, Berlin  
und im August 1894, in der Innere Medizin, Berlin wurde ich zum  
Dr. med. promoviert.

Nach der Zeit bin ich als Assistent auf der chirurgischen Abteilung  
der hiesigen, kaiserlichen und der Königin-Mutter-Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin beschäftigt.

Druck:  
ERNST-REUTER-GESELLSCHAFT  
der Förderer und Freunde der Freien Universität Berlin e. V.  
DISSERTATIONS-DRUCKSTELLE  
1 Berlin 33, Garystr. 45



